

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Determinación del contaminante dióxido de nitrógeno
atmosférico en la ciudad de Ayacucho, 2000.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO CON MENCIÓN EN MICROBIOLOGÍA**

PRESENTADO POR:

Bach. VENTURA FLORES, PORFIRIO

AYACUCHO – PERÚ

2011

Mi agradecimiento eterno a mis queridos padres Darío y Mercedes.

A mis grandes amores: Carolina, mis hijas Yera y Grace, motores de mi superación personal.

A mi hermano Edwin, en la culminación del presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, especialmente a la Facultad de Ciencias Biológicas por haberme permitido concluir mis estudios profesionales,

Al Director Adjunto de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), Ing. Juan Narciso Chávez ,por las facilidades de acceso a las Áreas de Laboratorio Físico Químico y Monitoreo de la calidad del Aire.

A los Ingenieros Francisco J. Fuentes Paredes, Weydi Flores y José Luis Quequejana por su colaboración y adiestramiento en el manejo de los equipos de monitoreo de la calidad de aire en las diferentes estaciones de la ciudad de Lima.

Al Químico Farmacéutico José Diez Macavilca por facilitarme el laboratorio de Bioquímica para la medición de las muestras recolectadas en las nueve estaciones de muestreo.

Al Blgo Adrián F. Ramírez Quispe, en el asesoramiento del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	06
II. MARCO TEÓRICO	08
2.1 Antecedentes.....	08
2.2 Características del dióxido de nitrógeno.....	10
2.3 Características meteorológicas.....	16
2.4 Fuentes de contaminación.....	21
2.5 Monitoreo.....	26
2.6 Normas técnico legales.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 Ciudad de Ayacucho.....	30
3.2 Lugar de ejecución.....	33
3.3 Población.....	33
3.4 Muestra.....	33
3.5 Diseño de Investigación.....	33
3.6 Selección del sitio de muestreo.....	33
3.7 Ubicación de los puntos de muestreo.....	34
3.8 Características del método.....	36
3.9 Equipos y calibración.....	37
3.10 Análisis químico.....	44
3.11 Cálculo de la concentración del dióxido de nitrógeno.....	47
3.12 Análisis estadístico.....	48
IV. RESULTADOS	49
V. DISCUSIÓN	61
VI. CONCLUSIONES	64
VII. RECOMENDACIONES	65
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	69

**Determinación del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la
ciudad de Ayacucho, 2000**

Autor: Porfirio Ventura Flores

Asesor interno: Blgo. Adrián Florentino Ramírez Quispe

Asesores externos: Ing. Juan Narciso Chávez

Ing. Francisco J. Fuentes Paredes

RESUMEN

En la ciudad de Ayacucho, se ha incrementado el parque automotor a tal punto de generar congestión vehicular permanente durante las horas punta, de 7:15 a 8:00 a.m., tornándose un problema cotidiano para la población ayacuchana, motivo por el cual se hizo la evaluación de la calidad de aire en la ciudad de Ayacucho respecto al contaminante dióxido de nitrógeno. El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la concentración del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Ayacucho muestreando puntos con alta frecuencia de tránsito vehicular y zonas residenciales, realizados durante los meses de abril a setiembre del 2000. La metodología empleada fue el del Arsenito de Sodio, para lo cual se utilizó un sistema o tren de muestreo previa calibración del flujo de aire para la captación del contaminante atmosférico dióxido de nitrógeno. Como resultado arrojaron concentraciones obteniéndose una máxima en el Jr. Tres Máscaras 18.23 ug/m^3 y una mínima en zonas residenciales con concentraciones promedio de 2.06 a 3.63 ug/m^3 . En conclusión, las concentraciones resultaron muy por debajo de los valores guía (150 ug/m^3 para 24 horas) recomendado por la Organización Mundial de la Salud, no representando riesgo ni peligro para la salud de la población ayacuchana, más aún para la vegetación y bienes materiales.

Palabras clave: Dióxido de nitrógeno, atmósfera, parque automotor.

I. INTRODUCCIÓN

El aire que respiramos los habitantes de las ciudades está contaminado, y su grado de contaminación depende, entre otros factores, del tamaño, densidad de población y desarrollo económico-social alcanzado, siendo éste un problema generalizado.

El uso masivo de la leña y el gas licuado de petróleo como combustible doméstico e industrial y principalmente el incremento del parque automotor en estos últimos años y su consecuente congestionamiento vehicular permanente en el cercado de Ayacucho, causantes de los problemas ambientales como la contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno, ha sido motivo para realizar el presente trabajo de investigación.

El parque automotor de la ciudad de Ayacucho, en su mayoría, cuenta con más⁺ de quince años de antigüedad y prácticamente se han concentrado en el centro histórico de la ciudad de Ayacucho debido a la ubicación de la mayoría de las instituciones públicas y privadas, generándose así congestión vehicular en horas punta de 7:15 a 8:00 a.m.

Luego de ser evaluado la concentración del contaminante dióxido de nitrógeno en la ciudad de Ayacucho, si los resultados lo ameritan deberá tomarse las acciones necesarias para mitigar las fuentes de emisión de este contaminante.

OBJETIVOS:

Objetivo general:

Determinar la concentración del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Ayacucho.

Objetivos específicos:

- Determinar y comparar la concentración de este contaminante en puntos con alta frecuencia de tránsito vehicular y zonas residenciales.
- Determinar el punto con mayor concentración de dióxido de nitrógeno atmosférico.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Historia de la contaminación

La contaminación atmosférica afecta a millones de personas de todo el mundo, especialmente a aquellas que viven en los grandes núcleos urbanos y en áreas fuertemente industrializadas, con denso tráfico de vehículos. Las emanaciones de polvos y gases corrosivos determinan el medio ambiente dando lugar a olores desagradables, pérdida de visibilidad y daños para la salud humana, para los cultivos y otras formas de vegetación y sobre los materiales de construcción. La contaminación atmosférica apareció primero como una molestia grave, pero posteriormente, se ha convertido en una amenaza para la calidad de vida, ya que una contaminación excesiva puede poner en peligro la salud y llegar a convertir algunas zonas en lugares no aptos para ser normalmente habitados (MOPU, 1985).

En Donora, ciudad del Estado de Pensilvania, en Estados Unidos, en octubre de 1948, la fundiciones de zinc y de una fábrica de alambre, acero y ácido sulfúrico que quedaron retenidas en el valle a causa de la inversión térmica, unidas a las emisiones producidas por la combustión del carbón que utilizaban las locomotoras, afectaron al 42% de una población de 5910 que presentó irritación

en los ojos, nariz y garganta, tos, cefalea, náuseas y vómitos que ocasionaron la muerte a 20 personas, así como a varios animales. (INHEM, 1992).

Londres fue invadida en diciembre de 1952 por una niebla asociada a un régimen anticiclónico y a inversión de temperatura. Debido al tiempo frío los calefactores estuvieron funcionando, y las condiciones meteorológicas hicieron que la nube de humo persistiera sobre la ciudad durante varios días. En nueve días se produjeron 2851 muertes más de las previstas, y 1225 fallecimientos registrados en las semanas siguientes (INHEM, 1992).

En la ciudad de los Ángeles, Estados Unidos en 1942, 1954 y 1955 se registraron episodios agudos de contaminación del aire que contenía ozono, óxidos de nitrógeno y peroxiacetilnitrato. Se registraron casos de asma y bronquitis, y hubo aumento del índice de mortalidad de personas mayores de 65 años (INHEM, 1992).

Por ello el parque automotor es considerado el mayor contaminante en el mundo. En la actualidad hay muchos países como el Japón, EE.UU, Francia, etc., están diseñando nuevos tipos de vehículos que eviten la contaminación del medio ambiente (Bustamante, 1973).

2.1.2 Monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Lima.

En la Tesis "Contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana" presentado por los Ingenieros Fuentes y Gómez, en 1997 obtuvieron resultados de la concentración del dióxido de nitrógeno que superan los límites permisibles recomendado por la Organización Mundial de la Salud, como se detalla en la tabla N° 1:

Tabla N° 1: Concentración promedio de dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Lima durante los meses de agosto, setiembre y octubre de 1996.

Estaciones muestreada	Concentraciones promedio (ug/m³)
Av. Abancay	160.07
Av. Uruguay	122.97
Av. Grau	154.01
Av. Tacna	121.14

Fuente: Fuentes y Gómez (1997)

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL DIÓXIDO DE NITRÓGENO

2.2.1 Características físico-químicas

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un gas de olor ligero, picante, de color castaño-anaranjado cuyo peso molecular es 46,01. Es soluble en agua, cuya reacción genera ácido nitroso o nítrico, es corrosivo y fuertemente oxidante. El dióxido de nitrógeno es uno de los siete tipos de óxidos de nitrógeno, solo dos tienen significado como contaminantes de la atmósfera: el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). El NO en la atmósfera tiende a convertirse en NO₂. (García, 1988)

2.2.2 Dispersión

El aire cuando admite cuerpos extraños, éstos son dispersados por dos procesos importantes: el transporte y la difusión. En el primer caso los movimientos relativamente prolongados desplazan los materiales horizontalmente a distancias considerables; en cambio la difusión los disipa verticalmente (Vizcarra, 1992).

La mayoría de contaminantes del aire están contenidos en gases que, al producirse por medio de la combustión, son muchos más calientes que el aire

circundante; en consecuencia, son ligeros y tienden a elevarse, los gases calientes se hacen menos densos y por consiguiente más ligeros que los fríos.

Conforme los gases ascienden, se mezclan con el aire que los rodea, se vuelven progresivamente más fríos y por lo tanto se elevan más despacio. La elevación de la mezcla de aire y los gases de desecho que contienen los contaminantes depende, entonces, de los cambios en la temperatura del aire mediante el incremento de la altura (Seinfeld, 1978).

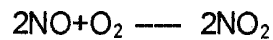
Por lo regular, en la troposfera el aire se enfría según asciende. A elevadas altitudes, sobre la cima de montañas muy altas, la temperatura siempre es menor que 0 °C y la nieve y el hielo son permanentes. La disminución de la temperatura se conoce como tasa de declinación adiabática, la cual es de 1 °C por 100 m de elevación para aire seco (Seinfeld, 1978).

Si la tasa de disminución de la temperatura es más grande que la tasa de declinación adiabática, un cuerpo de aire caliente se elevará rápidamente como si fuera una pluma de humo; en este caso, la situación se considera "inestable". Bajo estas condiciones, los contaminantes del aire se dispersan rápidamente. Sin embargo, si la disminución de temperatura es menor que la tasa adiabática, un cuerpo de aire caliente ascenderá mucho más despacio, y después de alguna dilución y enfriamiento por expansión se estabilizará. Tales condiciones se consideran "estables" y los contaminantes del aire no se dispersan. Cuando los contaminantes se retienen sobre una ciudad durante un período prolongado, ya sea como resultado de una inversión térmica bien como consecuencia de la propia meteorología local de la ciudad, se puede desarrollar la condición conocida como "smog" (Seinfeld, 1978).

2.2.3 Transformación y degradación

En las áreas donde las emisiones de las industrias se combinan con emisiones de fuentes móviles, la atmósfera recibe grandes cantidades de NO₂. En ausencia

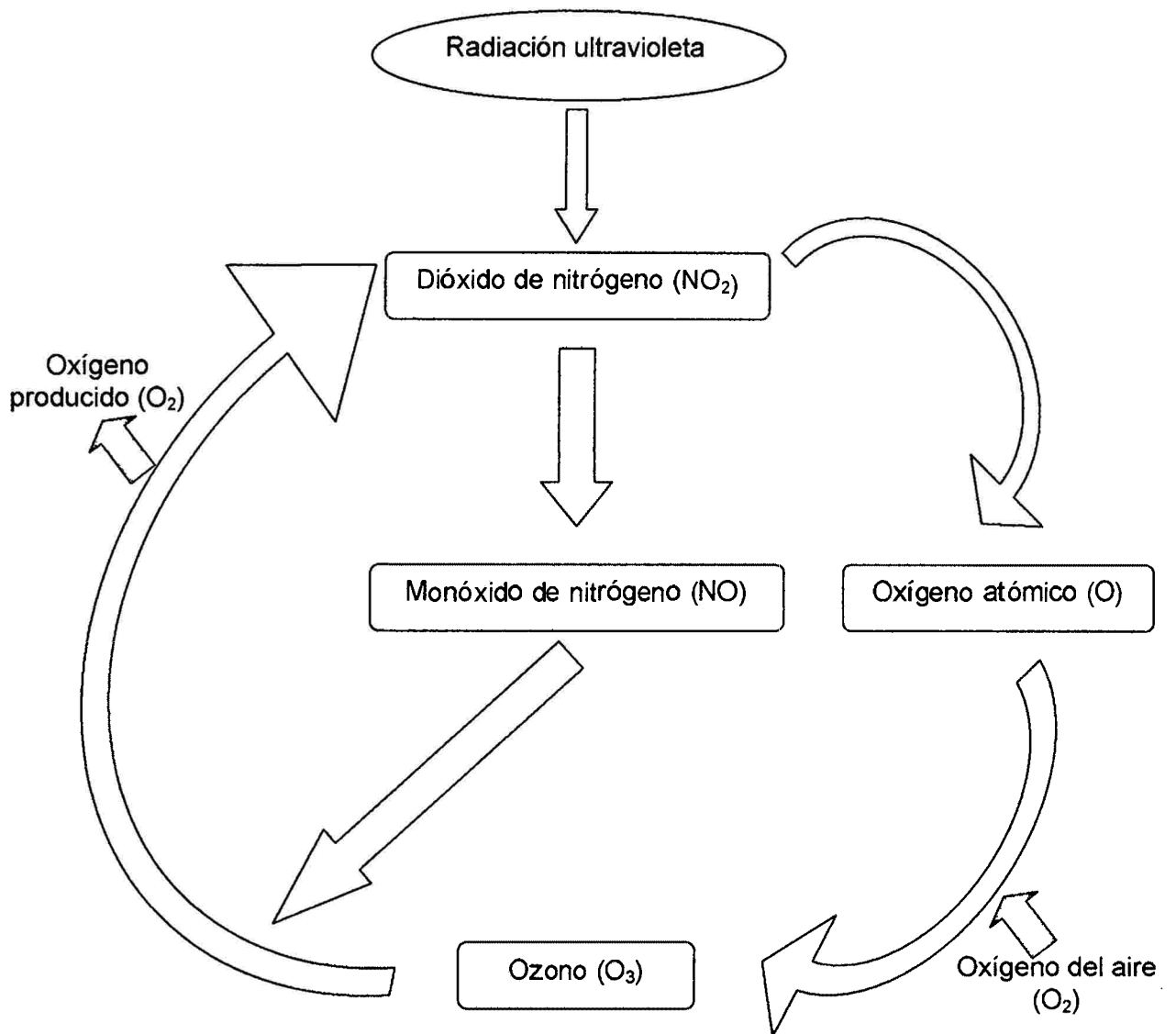
de la Luz Solar, el NO₂ se convertirán en nitratos; no existirían entonces las condiciones que ahora predominan en las áreas urbanas (Raiswell y col., 1983). El Monóxido de nitrógeno (NO) es liberado por fuentes estacionarias y móviles, tienden a oxidarse a NO₂ por medio de la reacción:



Una vez en la atmósfera, tanto el NO como el NO₂, entran en un conjunto natural de reacciones fotoquímicas que desembocan en el aumento de las concentraciones de NO₂ y en una disminución de las de NO. Dichas reacciones, conocidas en conjunto con el nombre de ciclo fotolítico del NO₂, son consecuencia directa de la interacción entre la luz solar y el NO₂. Los pasos del ciclo, ilustrados en la fig. 1, son:

1. El NO absorbe energía en forma de radiación ultravioleta procedente del Sol.
2. La energía absorbida rompe las moléculas de NO₂ para dar moléculas de NO y átomos de oxígeno (O). El oxígeno atómico producido es muy reactivo.
3. Los átomos de oxígeno atómico producidos reaccionan con el oxígeno atmosférico (O₂) produciendo ozono (O₃), un contaminante secundario.
4. El ozono reacciona con el NO para dar NO₂ y O₂, completándose el ciclo.

El efecto neto de este ciclo es la rápida circulación del NO₂, y de no existir reactivos competidores en la atmósfera el ciclo no produciría ningún efecto neto total (Raiswell y col., 1983).

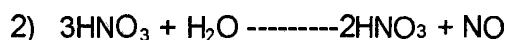
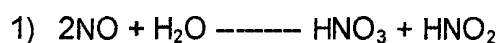


Fuente: Raiswell y col., (1983)

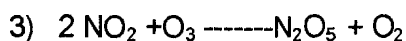
Figura N° 1: Ciclo fotolítico del NO_2 .

El principal proceso responsable de la eliminación de NO_x en la Atmósfera conlleva la conversión de los óxidos en ácido nítrico (HNO₃). El HNO₃ es después eliminado de la atmósfera en forma de nitratos en la lluvia o el polvo.

El mecanismo de formación atmosférica del ácido nítrico a partir de NO_x todavía no se ha determinado por completo. No obstante, se sabe que la reacción directa del NO₂, con el H₂O según las ecuaciones



es demasiado lenta para explicar la tasa de eliminación observada. Un mecanismo rápido propuesto para la formación del ácido nítrico incluye una reacción entre el NO₂ y el Ozono atmosférico que genere el compuesto intermedio N₂O₅. Este último se disuelve luego en agua para dar HNO₃ (Gutiérrez y Romieu, 1997). Las ecuaciones que representan esta secuencia propuesta son:



2.2.4 Concentración en el ambiente

El NO₂ se mide habitualmente en muchas regiones del mundo, las concentraciones halladas varían de una zona a otra de acuerdo con la mezcla e intensidad de las fuentes locales y según factores y tales como: la topografía, las condiciones meteorológicas (temperatura, presión, humedad, velocidad del viento); aún en una misma ciudad pueden presentarse grandes diferencias en las concentraciones (OPS, 1980).

Al momento de establecer comparaciones entre lugares se debe tener en cuenta las fuentes de contaminación (móviles y estacionarias). Las concentraciones halladas en el ambiente pueden ser comparados con los patrones de calidad del Aire denominados "Concentraciones Máximas Permisibles" los cuales tiene el objeto de identificar un punto en la escala de dosis del agente causante, por encima del cual hay una probabilidad creciente de lesión, enfermedad clínica o muerte (OPS, 1980).

2.2.5 Efectos del dióxido de nitrógeno

2.2.5.1 En los materiales

El NO y el NO₂ causan daños directos a los materiales; sin embargo, el NO₂ puede reaccionar con la humedad presente en la atmósfera para formar ácido nítrico que puede ser causa de considerable corrosión de las superficies metálicas. El dióxido de nitrógeno absorbe la luz visible y a una concentración de 0.25ppm causará apreciable reducción de la visibilidad (Fundación MAPFRE, 1994).

2.2.5.2. En los vegetales

Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire, y sufren daños significativos a concentraciones mucho más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud del hombre. En consecuencia, es muy difícil establecer valores límites de la contaminación atmosférica a partir de los cuales los efectos se empiezan a notar. Entre los óxidos de nitrógenos solo el NO₂ es fitotóxico para las plantas, a pequeñas concentraciones y largo tiempo de exposición. Los daños se manifiestan por la aparición de necrosis y clorosis de color negro o marrón rojizo en las hojas. Los sinergismos de NO₂ y SO₂ provocan a bajas concentraciones alteraciones en la vegetación. Este hecho se ha observado en las zonas urbanas de España (MOPU, 1985).

2.2.5.3 En el hombre

En el ambiente el dióxido de nitrógeno existe como un gas. Así, la única vía de ingreso en los humanos es la inhalación ya sea un ambiente exterior o en un ambiente interior de una fuente. El dióxido de nitrógeno actúa como un fuerte irritante y a iguales concentraciones es más dañino que el NO. Sin embargo, a concentraciones encontradas en la atmósfera, el NO₂ es sólo potencialmente irritante y potencialmente relacionado con la fibrosis pulmonar crónica. Se ha observado algún aumento en la bronquitis de los niños (de 2 a 3 años de edad) a concentraciones de 0.01 ppm. En combinación con hidrocarburos no quemados, los óxidos de nitrógeno reaccionan con la luz solar y forman el neblumo (smog) fotoquímico. Los componentes del neblumo, más dañino para las plantas y perjudiciales para la salud del hombre, son los oxidantes fotoquímicos: Ozono (O₃), nitrato de peroxiacetilo (PAN) (Mage y Zali, 1992). El principal componente del smog fotoquímico es el ozono debido a la reacción ultravioleta con precursores químicos de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles (OPS/OMS, 2000).

2.3 CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS

La estructura y dinámica de la atmósfera baja determina la forma en que los contaminantes emitidos por los diversos focos se dispersarán sobre estructuras urbanas o serán absorbidos por las altas capas de la atmósfera, para determinar esta estructura y dinámica nos valemos de los parámetros meteorológicos, entre los cuales tenemos a la temperatura ambiental, vientos, humedad relativa, precipitación, etc. (Narciso, 1993).

En lo que respecta a las zonas de vida y de acuerdo al Mapa Ecológico del Perú, elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), el distrito de Ayacucho se encuentra ubicado en la siguiente Zona de Vida: Estepa

Espinosa Montano Bajo Subtropical (ee-MBS) (Gobierno Local de la Provincia de Huamanga, 2000).

2.3.1 Temperatura

El factor numérico que sirve para especificar la cantidad de calor o energía radiante de un cuerpo sea éste sólido, líquido o gaseoso.

Los instrumentos para medir la temperatura se llaman "termómetros". La escala básica empleada en los termómetros es la Celsius o centígrada (°C), sin embargo, en algunos países, se continua utilizando la escala Fahrenheit (°F) (Gordillo, 1995).

2.3.2 Humedad relativa

El vapor de agua es uno de los componentes de la atmósfera. A pesar de que participa con una cantidad variable, por sus cualidades ocupa una posición muy especial ya que proporciona las condiciones características del estado del tiempo. Esto es una parte esencial del clima porque sin vapor de agua no existirían nubes ni se producirían precipitaciones.

El vapor de agua que contiene el aire constantemente y proviene de la continua evaporación que se produce en los mares, lagos, ríos, y aún en la misma tierra cuando está húmedo. La evaporación es, pues, el proceso que transforma el agua en vapor.

Probablemente la expresión mejor conocida y más usada con referencia al vapor de agua es la humedad relativa que se define como la relación (expresada en porcentaje) entre la cantidad del vapor de agua (e) que tiene el aire y la que tendría si estuviera saturada (E). Dicho en otras palabras, la humedad relativa es la relación de la tensión del vapor existente con la tensión máxima multiplicada por 100, para expresarla en porcentaje (Seinfeld, 1978).

La fórmula es:

$$U = (e / E) \times 100$$

Donde U , es la humedad relativa en tantos por ciento (%); e es la tensión del vapor existente y E es la tensión máxima del vapor.

El curso de la evaporación determina la mayor o menor humedad del aire.

Durante el día y sobre los continentes, la humedad es inversa al curso de la temperatura. Sobre los mares esta variación es más suave (Seinfeld, 1978).

2.3.3 Velocidad del viento

Se define como viento al movimiento aproximadamente horizontal del aire, motivado por la diferencia de presión atmosférica entre dos lugares. El viento se dirige del lugar de mayor presión hacia el de menor presión con variable intermitencia, es decir, que no fluye con intensidad regular sino que lo hace en ráfagas, de tal manera que su velocidad por un momento crece en tanto disminuye en otros.

La dirección del viento se indica en el punto del horizonte de donde procede un viento que sopla de norte a sur es un viento Norte. Generalmente, la dirección se expresa ya sea en términos de los puntos de la "Rosa de los vientos" o en grados. La dirección de donde viene el viento se determina por veletas.

La velocidad del viento se expresa, frecuentemente, en metros por segundo, kilómetros por hora, milla por hora o nudos. Los instrumentos para medir el viento se llaman anemógrafos (Seinfeld, 1978).

2.3.4 Precipitación pluvial

La precipitación se define como el fenómeno de las caídas del agua de las nubes en forma líquida o sólida; la cual es precedida por el proceso de condensación o sublimación o de ambos y está asociada primariamente, con las corrientes convectivas del aire. Para registrar continuamente el curso de la lluvia durante cierto período de tiempo se utilizan los pluviógrafos (Seinfeld, 1978).

2.3.5 Radiación solar

La fuente principal de la energía de la atmósfera es la radiación solar. De toda la radiación que llega del sol solamente una parte, llamada rango visible, es detectada por el ojo humano con el nombre de luz (Martínez y Romieu, 1997).

2.3.6 Presión atmosférica

Debido a que el aire tiene peso es que ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos, esta fuerza que ejerce el aire por unidad de área es la presión atmosférica. A un mismo nivel la presión varía a través del tiempo y de un lugar a otro; y con el incremento en altura disminuye su valor.

Las diferencias de presión en sentido horizontal resultan de las diferencias de temperatura que originan contrastes de densidad y de los efectos dinámicos propios de la circulación atmosférica. El instrumento para medir la presión atmosférica se llama "Barómetro" cuyo principio se basa en que el peso de la columna de mercurio contrarresta la presión que la atmósfera ejerce la superficie libre del mercurio de la cubeta (Martínez y Romieu, 1997).

Tabla N° 2: Características meteorológicas en la ciudad de Ayacucho, abril a setiembre del 2000.

Características registradas	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
Temperatura mínima media (°C)	10.9	8.6	6.7	7.3	6.6	8.1
Temperatura máxima media (°C)	23.2	24.3	23.5	22.8	24.0	26.1
Temperatura media mensual (°C)	23.2	24.3	23.5	22.8	24.0	26.1
Humedad relativa máxima (%)	49.0	0.0	49.0	S/D	S/D	S/D
Humedad relativa mínima (%)	78.0	82.0	77.0	S/D	S/D	S/D
Humedad relativa media (%)	66	59	61	S/D	S/D	S/D
Velocidad media del viento (m/s)	0.6	0.3	0.4	0.6	0.5	0.8
Total horas sol (horas)	163.1	237.7	271.1	253.0	S/D	224.5
Precipitación total mensual (mm)	26.4	15.1	8.9	25.8	19.3	57.7

Fuente: Proyecto Río Cachi, 2000.

2.4 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En su formación como monóxido de nitrógeno, es el único contaminante atmosférico que no depende de ningún tipo de combustible, sino, más bien, de la temperatura de combustión (Gordillo, 1995).

Los contaminantes atmosféricos se dispersan al medio, transformándose y degradándose con el correr del tiempo.

Dentro de las fuentes contaminantes podemos apreciar 2 grandes grupos: fuentes naturales y artificiales o antropogénicas.

2.4.1 Fuentes naturales

Son las que más contribuyen a la contaminación del medio ambiente. La actividad bacteriana en el suelo, que causa la descomposición de compuestos nitrogenados, representa la fuente natural más importante de N_2O . El mecanismo químico exacto del proceso aún no se ha determinado, pero significa una producción anual de unos 592 millones de toneladas de N_2O . La actividad bacteriana también es responsable de una producción anual de 430 millones de toneladas de NO .

Los rayos solares hacen que el nitrógeno y el oxígeno de la atmósfera se combinen de varias formas (N_2O , NO , NO_2); la cantidad total de óxidos de nitrógeno producidos es despreciable.

A parte del proceso natural de desnitrificación existen otras fuentes tales como: Emisiones Volcánicas y tormentas eléctricas (MOPT, 1991).

2.4.2 Fuentes artificiales

También llamados antropogénicos debido a que son producidos por las actividades que el hombre desarrolla. El NO atmosférico proviene de fuentes tanto naturales (80%) como artificiales (20%), mientras que casi todo el NO_2 emitido hacia la atmósfera es de origen antropogénico.

La combustión es la principal fuente antropogénica de óxidos de nitrógeno.

Durante la combustión a elevada temperatura, el nitrógeno y el oxígeno del aire reaccionan para formar el NO y NO₂.

No debemos confundirnos al aceptar que existen más fuentes naturales que artificiales y concluir que estos carecen de importancia, debemos tener en cuenta que las fuentes naturales se distribuyen por todo el mundo, mientras que las artificiales se concentran en zonas reducidas (MOPT, 1991).

La siguiente tabla muestra las proporciones existentes entre las emisiones naturales y antropogénicas para el NO_x a nivel mundial.

Tabla N° 3: Focos de emisión de dióxido de nitrógeno a nivel mundial.

Antropogénicos	Naturales
11.3%	88.7%

Fuente: MOPT (1991).

Las fuentes antropogénicas o artificiales de emisión de contaminantes se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Fuentes fijas
 - Industriales: Procesos industriales, instalaciones fijas de combustión.
 - Domésticos: Instalaciones de calefacción
- Fuentes móviles
 - Vehículos automóviles
 - Aeronaves
 - Buques
- Fuentes compuestas.
 - Zonas industriales
 - Áreas urbanas

Tabla N° 4: Porcentaje de participación de las distintas fuentes de emisión para el contaminante NOx.

Fuente	Relativo(%)
Transporte	47.1
Combustión fija	42.0
Varios	8.4
Residuos sólidos	1.7
Industria	0.8

Fuente: Fundación MAPFRE (1994).

Tabla N° 5: Hogares en viviendas particulares por tipo de combustible que más utilizan en el área urbano del departamento de Ayacucho, 2007.

Combustible que utilizan	Relativo(%)
Gas	36.9
Kerosene	2.6
Carbón	0.2
Leña	58.4
Bosta, estiércol	0.7%

Fuente: INEI (2007).

2.4.2.1 Fuentes estacionarias

Comprende todas las Industrias, fábricas, talleres, etc., que se desarrollan en un lugar definido.

2.4.2.2 Fuentes móviles

Comprende principalmente el parque automotor entre los cuales tenemos a los autos, camiones, ómnibus, etc.

Vehículos.- El aumento de medios de transporte contribuye al incremento de los problemas medioambientales.

El parque automotor es uno de los que presenta una mayor problemática debido a su masificación en las ciudades, produciendo el aumento de la concentración de contaminantes entre ellos el NO₂, en las zonas urbanas.

Los ferrocarriles y la navegación están alejados de la zona urbana por lo que sus efectos sobre la población serán menos importantes.

Está corroborado por muchos resultados experimentales, que el monóxido de nitrógeno se forma dentro de la cámara de combustión del motor del vehículo durante el periodo de máxima temperatura. Asimismo, la cantidad máxima de NO se obtiene para una relación entre el aire y el combustible cercano a su valor estequiométrico (Kenneth y Cecil, 1994)

Tabla N° 6: Emisión media del contaminante NO_x por litro de combustible de acuerdo al tipo de motor

MOTOR A GASOLINA (g)	MOTOR DIESEL (g)
15	20

Fuente: Fundación MAPFRE (1994).

Tabla N° 7: Parque automotor de la ciudad de Ayacucho-2000

Modelo	Vehículos constituidos formalmente en una empresa o asociación	Estimación de vehículos informales
Vehículos de servicio público de transporte urbano e interurbano	355	Sin dato
Taxis de servicio público	244	Sin dato
Mototaxis	279	Sin dato
Total	878	

Fuente: Municipalidad Provincial de Huamanga (2000).

El parque automotor de la clase ómnibus está distribuido en 16 rutas; clase automóvil, en 8 asociaciones y las mototaxis, en 3 empresas y/o asociaciones. La municipalidad no registra en sus archivos los vehículos particulares, asimismo no cuenta con una estimación del parque automotor en la ciudad de Ayacucho.

Tabla N° 8: Parque automotor de la ciudad de Ayacucho-2009

Modelo	Vehículos constituidos formalmente en una empresa o asociación	Estimación de vehículos informales
Vehículos de transporte urbano (19 rutas)	379	Sin dato
Taxis de servicio público	743	Sin dato
Vehículos de transporte interurbano (19 rutas)	158	Sin dato
Taxi carga de servicio público	70	Sin dato
Mototaxis	830	2 770*
Total	2180	

Fuente: Municipalidad Provincial de Huamanga (2010).

* Una pequeña cantidad de mototaxis están inscritos en la Municipalidad Distrital de Jesús Nazareno y el resto trabaja informalmente.

La Jefatura de Transportes de la Municipalidad Provincial de Huamanga cuenta con un registro de vehículos que lo han contabilizado a través de las tarjetas de habilitación emitidas. Los vehículos de transporte urbano están distribuidos en 19 rutas, los vehículos de transporte interurbano también en 19 rutas y las mototaxis en 26 asociaciones y/o empresas. Hasta la fecha, la Municipalidad Provincial de Huamanga no cuenta con un inventario del parque automotor que

circulan por nuestra ciudad, peor aún una estimación de los vehículos informales (Municipalidad Provincial de Huamanga, 2010).

La Dirección Regional de Transportes y Comunicación de Ayacucho carece también de un inventario del parque automotor, ya que solo cuentan con las placas de rodaje emitidas durante los años 2000 al 2008 y no de las otorgadas años atrás (Dirección Regional de Transportes y Comunicación de Ayacucho, 2009).

2.5 MONITOREO

Es la toma de muestras en forma continua y periódica de los contaminantes (NO_2) en las estaciones establecidas.

2.5.1 Determinación del número de estaciones

En general el número de estaciones seleccionado se elige en función de:

- La población que habita en el área que se pretende vigilar.
- La problemática existente en el área que se define en base al tipo de zonas que conforma esa área.
- Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

En función de la densidad de población la Organización Mundial de la Salud recomienda un criterio para establecer un número promedio de estaciones de muestreo que depende del parámetro que se pretende medir (OPS/OMS, 1997).

Tabla N° 9: Promedio sugerido de estaciones de muestreo para óxidos de nitrógeno y parámetros meteorológicos en zonas urbanas de población determinada.

Población urbana en millones	Óxidos de nitrógeno	Parámetros meteorológicos
Menos de 1	1	1
1 – 4	2	2
4 – 8	4	2
Más de 8	5	3

Fuente: OPS/OMS (1997).

Los valores de la tabla anterior pueden modificarse tomando en cuenta los siguientes criterios:

- En zonas con tráfico intenso se duplican las estaciones.
- En ciudades con población mayor de 4 millones de habitante, con tráfico ligero, se pueden reducir las estaciones.
- En regiones con terreno accidentado, pueden ser necesario incrementar el número de estaciones. (OPS/OMS (1997)).

2.6 NORMAS TÉCNICOS LEGALES

2.6.1 Legislación

El numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Así mismo, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece también que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando

particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Por otro lado, indican que en tanto no se establezcan en el país Estándares de Calidad Ambiental, Límites Máximos Permisibles y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, son de uso referencial los establecidos por instituciones de Derecho Internacional Público, como los de la Organización Mundial de la Salud (Diario El Peruano, 2008).

2.6.2 Normas de calidad del aire

El objetivo de un programa de monitoreo es cuantificar el grado de contaminación y los efectos nocivos que pueden causar. La calidad cuantificada se expresa por las llamadas normas, estándares o patrones que son cifras y magnitudes establecidas por la autoridad en base a criterios.

Las normas de calidad del aire se elaboran teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La salud humana, protegiendo a la población más susceptible.
- Los efectos sobre la flora, fauna, materiales, clima y cualidades estéticas.
- Mejorando la calidad de vida teniendo cada vez un aire menos contaminado, y por ende de mejor calidad.
- Utilización de metodologías convencionales de tal forma que se puedan comparar los datos obtenidos entre países.
- Considerar la realidad de cada país: grado de desarrollo, condiciones socio-económicas, razones de costo beneficio, etc. (Ministerio de Energía y Minas, 1994).

2.6.3 Normas de calidad de aire en nuestro país.

Las normas de calidad de aire respecto al contaminante dióxido de nitrógeno entre otros, se publicó el 24 de julio del 2001 mediante D.S. N° 074-2001-PCM Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, cuyos valores para el contaminante dióxido de nitrógeno se mantiene vigente hasta la actualidad. El D.S. N° 003-2008-MINAM Estándares de Calidad Ambiental para Aire, se ha ampliado y/o modificado para otros contaminantes que no están comprendidos en el presente trabajo de investigación (Diario El Peruano 2001 y 2008).

Tabla N° 10: Estándares Nacionales de Calidad del Aire (D.S. N° 074-2001-PCM)

Parámetro	Período	Valor (ug/m ³)	Formato	Método de Análisis
Dióxido de nitrógeno	Anual	100	Media aritmética anual	Quimiluminiscencia
	1 Hr.	200	No exceder más de 24 veces al año	

Fuente: Diario El Peruano (2001).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ciudad de Ayacucho

3.1.1 Ubicación geográfica

La ciudad de Ayacucho y el distrito de Ayacucho se encuentra ubicado en la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho, a una altitud de 2746 m.s.n.m. entre las coordenadas 13° 08' 23" Latitud Sur y 74° 14' 30" Longitud Oeste, limita por el Este con el distrito de San José de Ticllas, por el Oeste con el distrito de Acos Vinchos, por el Norte con Pacaycasa y por el Sur con el distrito Carmen Alto y San Juan Bautista (Gobierno Local de la Provincia de Huamanga, 2000).

3.1.2 Topografía de la ciudad

La ciudad de Ayacucho se encuentra ubicado en los andes del centro y sur del Perú. Tiene una topografía accidentada y posee un clima seco, templado y muy saludable; con brillo solar durante todo el año. La temperatura media anual máxima es de 23 °C y la mínima 9 °C. La temporada de lluvias se da entre los meses de noviembre y abril (Gobierno Local de la Provincia de Huamanga, 2000).

3.1.3 Crecimiento poblacional del departamento y ciudad (distrito) de Ayacucho

En el Censo Nacional de 1993, el departamento de Ayacucho contaba con una población de 492 507 habitantes y la ciudad de Ayacucho (distrito de Ayacucho) con 163 197 habitantes. Entre los años 1993 a 2007 la tasa de crecimiento fue del 1.5% y 2.5% para el departamento de Ayacucho y ciudad de Ayacucho respectivamente (Tabla N° 11).

Tabla N° 11: Población a nivel del departamento de Ayacucho y ciudad de Ayacucho

Población	Censo Nacional 1993	Proyecciones								Censo Nacional 2007	Proyecciones	
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008		2009	
Ciudad de Ayacucho	82 231	97 747	100 190	102 695	105 263	107 894	110 592	113 356	100 935	103 458	106 045	
Departamento de Ayacucho	492 507	546 606	554 805	563 128	571 574	580 148	588 850	597 683	612 489	621 676	631 001	

Fuente: INEI (1940, 1961, 1972, 1981, 1993 y 2007).

3.2 LUGAR DE EJECUCIÓN:

El presente trabajo se realizó en la ciudad de Ayacucho, comprendiendo 5 puntos con mayor tráfico vehicular: Jr. Libertad, Av. Mariscal R. Castilla, Jr. Tres Máscaras, Jr. Asamblea y 4 zonas residenciales: Urb. Mariscal Cáceres, Urb. Emadi, Barrio Santa y Urb. Jardín.

3.3 POBLACIÓN:

Constituido por el medio ambiente atmosférico (tropósfera) de la ciudad de Ayacucho.

3.4 MUESTRA:

Conformada por 63 muestras recogidas directamente de la atmósfera, provenientes de 5 puntos con alto tráfico vehicular y 4 zonas residenciales. Se recogieron muestras diarias de 24 horas durante una semana continua en cada una de las estaciones en los meses de abril a setiembre del año 2000.

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es descriptivo y de una sola casilla.

Transversal: Las muestras obtenidas durante la evaluación de la contaminación atmosférica se realizaron en un período de tiempo determinado.

3.6 SELECCIÓN DEL LUGAR DE MUESTREO

Los lugares de muestreo se seleccionaron en base a la cantidad de vehículos que transitaban por las calles aledañas a él, así como de las facilidades para la instalación y traslado de equipos de muestreo, donde se posicionaron las instalaciones.

3.6.1 Selección del sitio de muestreo

En la selección del sitio de muestreo se consideró los siguientes factores:

- Un sitio seguro, donde el ingreso de personas extrañas no era posible.
- En las cercanías del sitio, para la toma de muestras, no existió otras fuentes de contaminación (cocina, cochera, horno, etc.)

Dispositivo de control de flujo de aire (Manómetro).- Se utilizó para controlar el flujo de aire que pasa a través del sistema y se empleó un manómetro de agua destilada midiendo diferencias de presión en cm de agua. El control de flujo se realizó utilizando una aguja hipodérmica de válvula N° 27 y 3/8" de longitud con la cual se construyó dicho manómetro. Este dispositivo tiene la capacidad de mantener un flujo constante de 0.18 a 0.22 L/min. (OPS, 1976).

Medidor de flujo de aire (calibrador primario).- Es un equipo marca MSA de Serie PART. N° 468872, con el cual se reguló el flujo de aire del tren de muestreo y se elaboró la curva de calibración del flujo de aire en litros por minuto (LPM).

Válvulas de ajuste de presión.- Para variar el flujo de aire del sistema de muestreo, durante la calibración, se manipuló la válvula de ajuste ubicada entre la bomba de succión y el manómetro.

Caja burbujeadora.- Diseñado para sostener los equipos, frascos, trampas y colocar las salidas y entradas a los sistemas de vacío (bombas).

Bomba de succión.- Equipo con capacidad de mantener el vacío mínimo y flujos requeridos para muestrear 24 horas. Un vacío de 0.7 atmósferas o más es necesario.

Sistema de muestreo.- El esquema del sistema muestreo, también conocido como tren de muestreo es mostrado en la fig. 3.

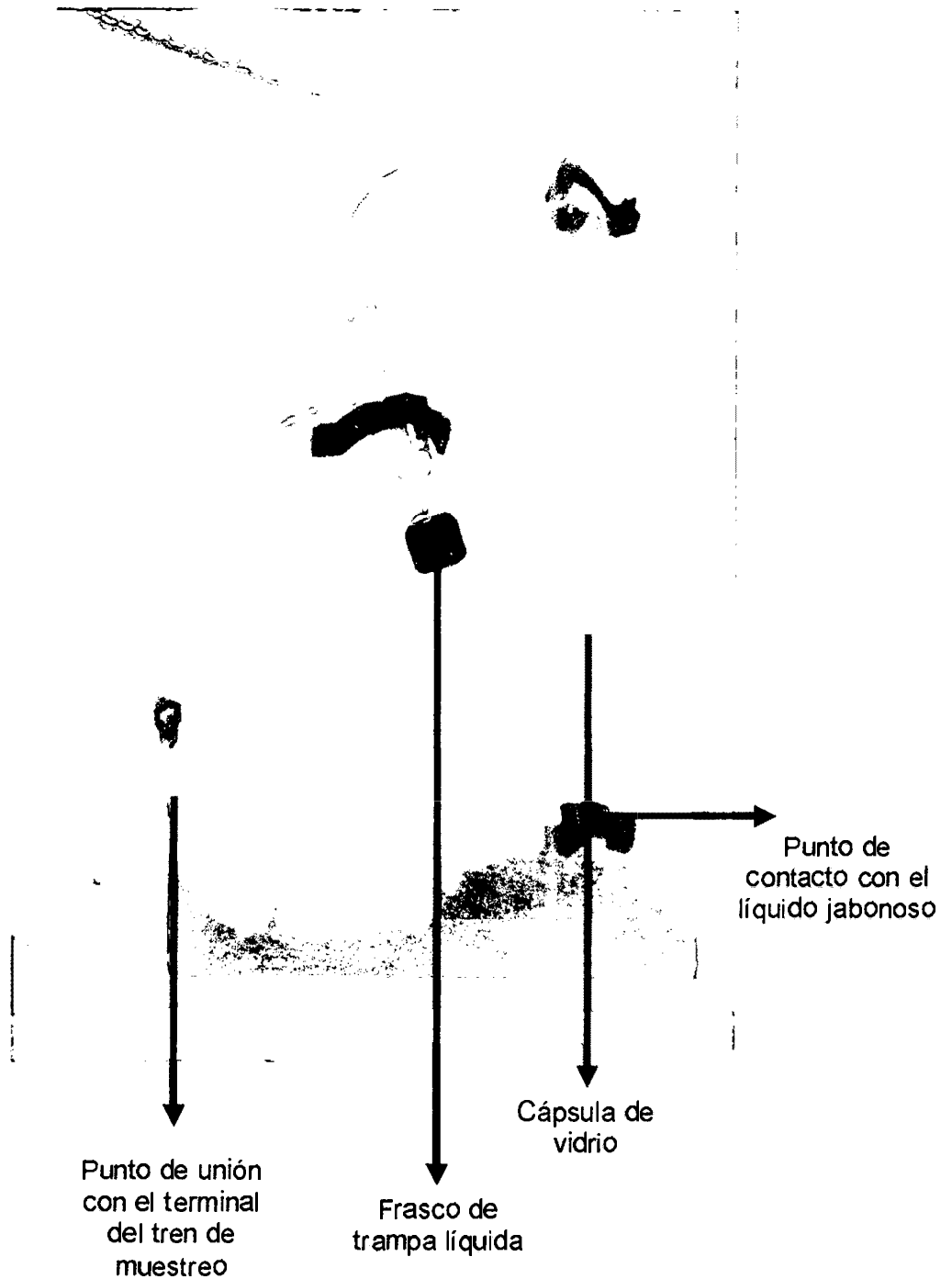
El tren de muestreo va dentro de una caja de madera para proteger los materiales de vidrios de posibles accidentes en el exterior y de la luz solar.

3.9.2 Equipo de calibración del flujo de aire

El sistema o tren de muestreo se calibra utilizando un calibrador primario.

Medidor de flujo de aire (calibrador primario).- Este equipo se utiliza para medir el flujo de aire a través del método de la película jabonosa. Está conformado por las siguientes partes (Fotog. N° 1):

- Bombilla con solución jabonosa
- Cápsula de vidrio de un volumen de 200cc
- Trampa



Fotografía N° 1: Calibrador primario para un sistema o tren de muestreo de gases.

Procedimiento de calibración del flujo de aire en el sistema de muestreo

1. Se instaló el equipo conectando el medidor de flujo de aire (calibrador) al tren de muestreo, exactamente al extremo de la manguera por donde se capta el aire atmosférico.
2. Una vez instalado el calibrador, se presionó la bombilla que contiene la solución jabonosa formándose una película que se desplazó verticalmente hacia arriba por la cápsula de vidrio (0.2 L), registrándose simultáneamente las lecturas del manómetro y calibrador.
3. Manipulando la válvula de ajuste de la bomba de succión se varió el flujo de aire en el tren de muestreo, lo cual nos brindó diferentes lecturas en el manómetro (cm) y calibrador (L/min.).
4. Una vez obtenido los diferentes tiempos de recorrido el volumen de la cápsula de vidrio (0.2 L) se procedió a la transformación en litros por minuto (LPM) por regla de tres simple a la inversa.
5. Con las lecturas del calibrador y el manómetro se construyó la ecuación lineal del flujo de aire (curva de calibración), por el método de regresión lineal para finalmente obtener el flujo real de aire en litros por minuto (LPM).

Tabla N° 13: Flujos de aire para la calibración del sistema de muestreo para dióxido de nitrógeno

Diferencial de altura en el manómetro (cm)	Tiempo transcurrido, recorrido en cápsula de vidrio 0.2 L	Lecturas del flujo real de aire en litros por minuto (LPM)
22.6	0' 53" 27 c.	0.225
19.20	0' 59" 35 c.	0.202
14.8	1' 10" 0 c.	0.171
10.2	1' 24" 55 c.	0.142
4.5	1' 54" 57 c.	0.104

A = -11.0184562

B = 149.7538877

r = 0.999862985

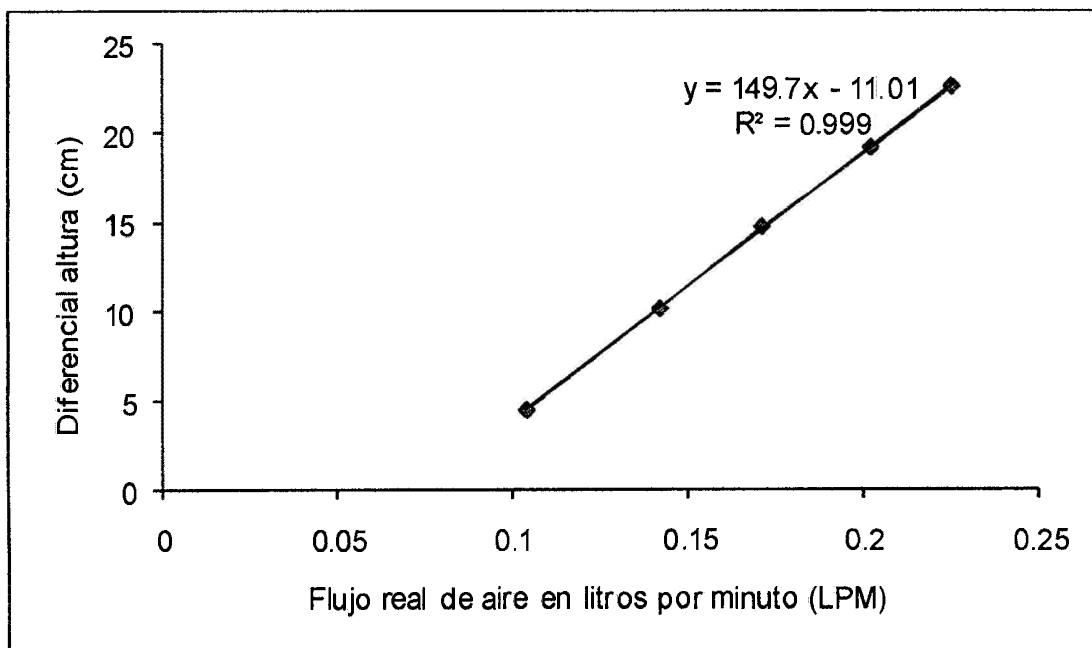
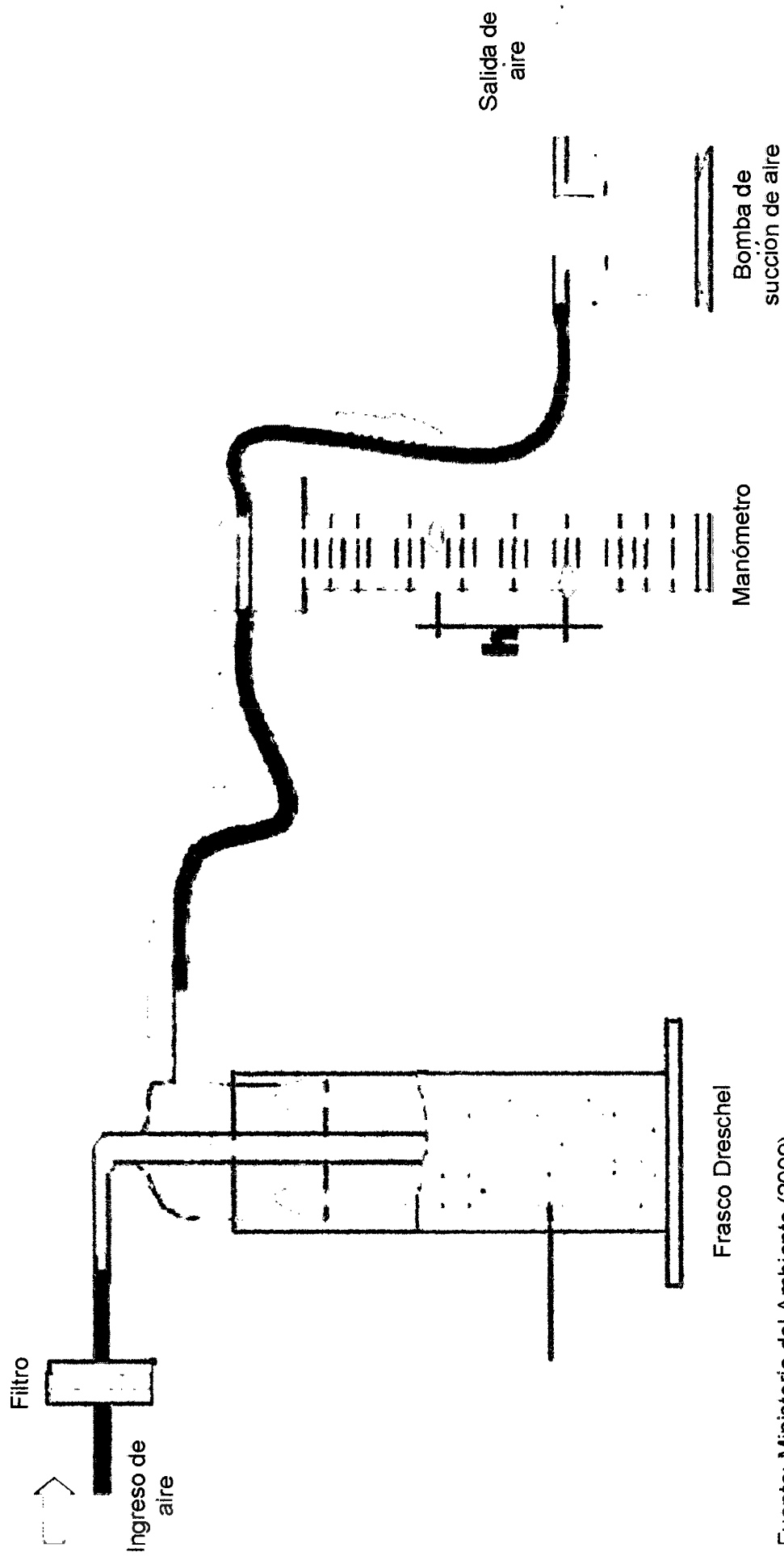


Figura N° 2: Curva de calibración del flujo de aire del tren de muestreo para dióxido de nitrógeno.

3.9.3 Procedimiento de muestreo

- Se conectó los componentes con manguera de teflón, se añadió 50 mL de la solución captadora de dióxido de nitrógeno al frasco Dreschel.
- Antes de realizar el muestreo, se calibró el flujo de aire del tren de muestreo.
- Se controló el sistema de posibles pérdidas de flujo de aire.
- Se registró las variaciones de presión o diferenciales de altura en el manómetro (cm) y el tiempo(min.): al encender la bomba de succión (diferencial de altura inicial) y al retirarla luego de 24 horas (diferencial de altura final), se promedió ambas diferenciales de altura y luego se obtuvo el flujo real de aire aplicando la ecuación lineal de la curva de calibración del flujo de aire.



Fuente: Ministerio del Ambiente (2009).

Figura N° 3: Tren o sistema de muestreo para dióxido de nitrógeno.

3.10 ANÁLISIS QUÍMICO

Preparación de los reactivos:

- Solución de absorción o captación: Se disolvió 4 g de hidróxido de sodio en agua destilada y añadió 1 g de arsenito de sodio y diluido ambos a 1000 mL.
- Solución sulfanilamida.- Se disolvió 20 g de sulfanilamida en 700 mL de agua destilada exenta de nitritos. Se añadió mezclando 100 mL de ácido fosfórico y diluido a 1000 mL. Esta solución es estable refrigerada por un mes.
- Solución dihidro de N-(1 naftil) etilen diamina (NEDA).- Se disolvió 0.5 g de NEDA en 500 mL de agua destilada.
Fue refrigerado en frasco oscuro. Esta solución es estable por un mes.
- Solución de peróxido de hidrógeno.- Se diluyó 0.2 mL de peróxido de hidrógeno al 30% en 250 mL con agua destilada. Esta solución fue refrigerada en frasco oscuro. Es estable por un mes.
- Solución estándar de nitrito.- Se disolvió 0.5 g en una fiola de 500 mL con agua destilada. Esta fue una solución de 1000 ppm de nitrito de sodio.
 - Solución de trabajo de 20 ppm
Se midió 2 mL de la solución de 1000 ppm y diluyó en 100 mL
 - Solución de trabajo de 4 ppm
Se midió 10 mL de la solución de 20 ppm y diluyó en 50 mL
 - Solución de 1 ppm
Se diluyó 25 mL de la solución de 4 ppm en 100 mL.

3.10.1 Preparación de la curva estándar para el análisis de NO₂

Se midió volúmenes de las soluciones de trabajo necesarios para obtener las siguientes cantidades de microgramos de nitrito: 0.000, 0.500, 1.000, 3.000, 5.000, 6.000 y 12.000 y fueron colocados en fioles de 25 mL y marcadas en cada fiola la concentración correspondiente. Se añadió 1 mL de peróxido de hidrógeno a cada fiola y esperó 10 min. y se agitó. Luego se añadió 10 mL de solución de sulfanilamida y se agitó. Se añadió 1.4 mL de solución NEDA, se agitó y enrasó con agua destilada, se agitó. Se lecturas a 540 nm en el espectrofotómetro luego de transcurrido 15 minutos.

Tabla N° 14: Preparación de estándares de trabajo con solución de nitrito de sodio.

Concentración de la solución de trabajo (ppm)	ml que se deben tomar	ug de NO ₂ que se tiene en 25 ml	Concentración del NO ₂ (ug/mL)	Absorbancia (540 nm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	0.500	0.500	0.020	0.009
1.000	1.000	1.000	0.040	0.020
1.000	3.000	3.000	0.120	0.083
1.000	5.000	5.000	0.200	0.163
1.000	6.000	6.000	0.240	0.204
4.000	2.000	8.000	0.320	0.228
4.000	3.000	12.000	0.480	0.359

Donde se obtiene los siguientes valores efectuando la regresión lineal de los datos obtenidos en la tabla presentada, donde Y=Absorbancia y X=Concentración de dióxido de nitrógeno en microgramos por ml.

Siendo la ecuación: $Y = 0.762849807X - 0.002155841$, $r = 0.990883377$

En conclusión: $X = (Y + 0.00216)/0.76280$

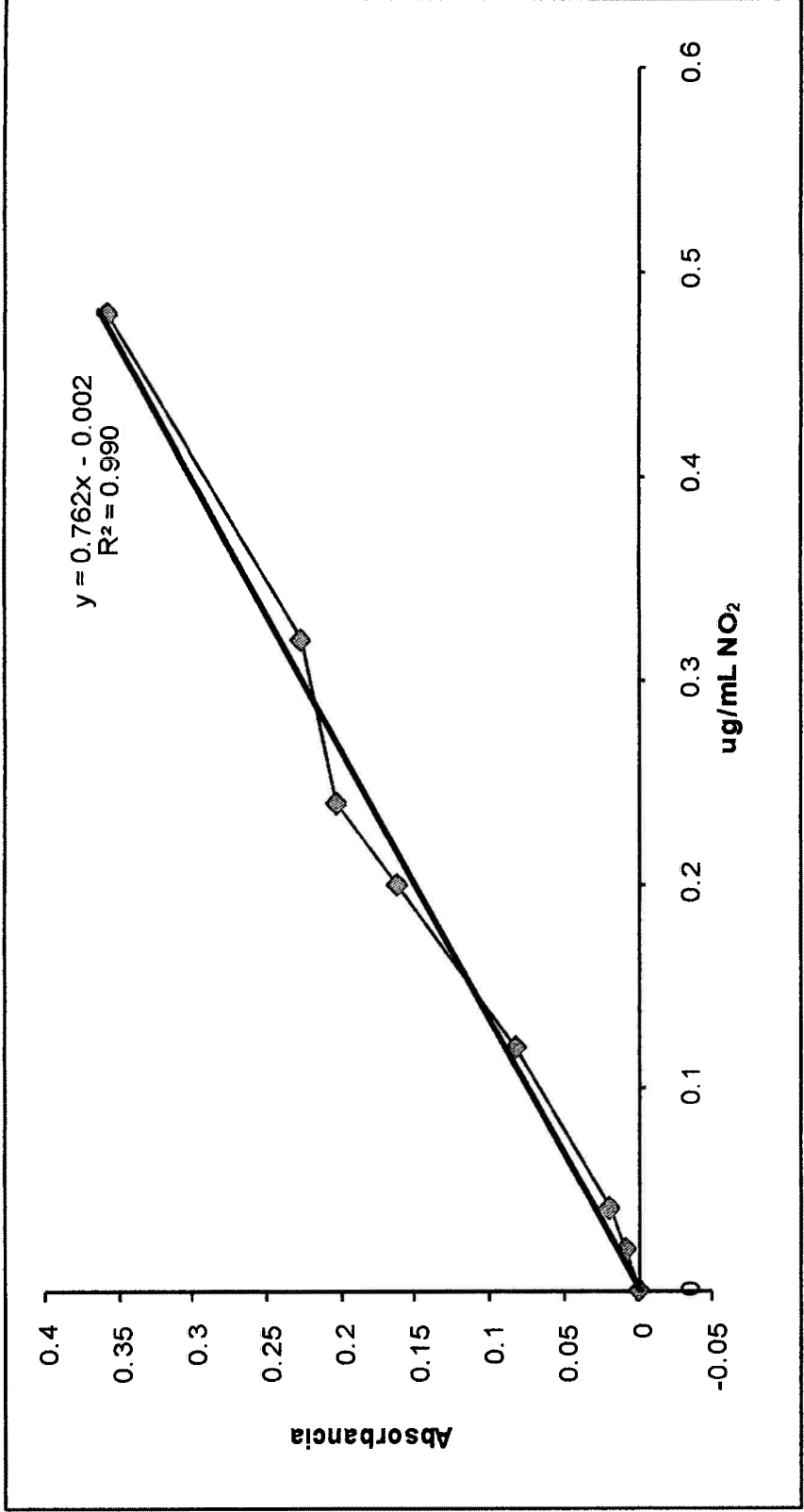


Figura N° 4: Curva de calibración para el análisis de dióxido de nitrógeno.

3.10.2 Preparación y análisis final de la muestra recolectada

Preparación de la muestra

Se reemplazó el agua perdida por evaporación durante el muestreo añadiendo agua hasta completar 50 mL. En caso que las muestras hubiesen resultado con una absorbancia mayor que 1.0 se tenía que volver a analizarse después de tomar una alícuota (menor de 10 mL) de la muestra colectada y diluida con el reactivo absorbente.

Análisis de la muestra

Se tomó 10 mL de la muestra en fioles de 25 mL. Se añadió 1 mL de peróxido de hidrógeno, se agitó y se mantuvo en reposo por 10 minutos. Se añadió 10 mL de solución de sulfanilamida, agitando y luego se agregó 1.4 mL de solución NEDA, nuevamente se procedió a agitar. Luego de 10-15 minutos se realizó la lectura de absorbancia a 540 nm. Finalmente, a través de la curva de calibración de dióxido de nitrógeno y seguidamente aplicando una ecuación se obtuvo la concentración de las muestras en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.11 CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DEL DIÓXIDO DE NITRÓGENO

Volumen

Es la cantidad de aire que ha atravesado la solución captadora en un determinado tiempo. El flujo real de aire se obtiene a través del empleo de la ecuación de regresión lineal.

$$\text{VOLUMEN} = \text{FLUJO REAL DE AIRE} \times \text{TIEMPO}$$

$$\text{VOLUMEN} = (\text{L}/\text{min})(\text{min}) \times (1\text{m}^3/1000\text{lt})$$

$$\text{VOLUMEN} = \text{m}^3$$

Peso de la muestra

La muestra analizada es leída en el espectrofotómetro a 540 nm, cuya lectura nos da la Absorbancia, así como el volumen recogido. Utilizando la curva de

calibración para el análisis de NO₂, se obtiene el número de microgramos de NO₂ por ml, luego se determina el peso haciendo uso de la ecuación siguiente:

$$\text{Peso} = \text{ug NO}_2/\text{ml} \times 50\text{ml}$$

Donde:

50 = volumen del reactivo absorbente en ml.

CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA

Para el cálculo de la concentración hacemos uso de la relación siguiente:

$$C(\text{ug}/\text{m}^3) = \text{Peso}/\text{Volumen}$$

Donde el Peso está expresado en microgramos y el volumen en metros cúbicos.

3.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos en los 9 puntos de muestreo se sometieron a las pruebas estadísticas del Análisis de Varianza y Tukey a un nivel de confianza del 95%.

IV. RESULTADOS

Tabla N° 15: Frecuencia de circulación vehicular por minuto por algunos jirones y avenidas de la ciudad de Ayacucho durante los días muestreados entre las 7:30 a.m a 13:00 p.m. Ayacucho, 2000.

Avenida/Jirón	Máximo	Mínimo	Promedio
Av. Mariscal Cáceres	19	10	15
Jr. Libertad	16	7	12
Jr. Asamblea	18	6	12
Jr. Tres Máscaras	29	14	22
Av. Mariscal Ramón Castilla	16	6	11

Tabla N° 16: Concentración de dióxido de nitrógeno registrado en la Urbanización Mariscal Cáceres, Ayacucho 2000.

Mes	Día	Fecha	Concentración diaria (ug/m³)
Abril	Lunes	17-04-00	5.49
	Martes	18-04-00	3.89
	Miércoles	19-04-00	3.14
	Jueves	20-04-00	2.72
	Viernes	29-04-00	4.28
	Sábado	30-04-00	3.37
	Domingo	01-05-00	2.54
Promedio			3.63

Tabla N° 17: Concentración de dióxido de nitrógeno registrado en la Av. Mariscal Cáceres, Ayacucho 2000.

Mes	Día	Fecha	Concentración diaria (ug/m³)
Mayo	Miércoles	03-05-00	10.23
	Jueves	04-05-00	10.02
	Viernes	05-05-00	9.29
	Sábado	06-05-00	10.62
	Domingo	07-05-00	10.88
	Lunes	08-05-00	11.64
	Martes	09-05-00	10.55
Promedio			10.46

Tabla N° 18: Concentración de dióxido de nitrógeno registrado en el Jr. Libertad, Ayacucho 2000.

Mes	Día	Fecha	Concentración diaria (ug/m ³)
Mayo -Junio	Viernes	26-05-00	10.70
	Sábado	27-05-00	7.79
	Domingo	28-05-00	7.18
	Lunes	29-05-00	10.63
	Martes	30-05-00	12.75
	Miércoles	31-05-00	7.10
	Jueves	01-06-00	8.17
Promedio			9.19

Tabla N° 19: Concentración de dióxido de nitrógeno registrado en la Urbanización Emadi, Ayacucho 2000.

Mes	Día	Fecha	Concentración diaria (ug/m³)
Junio	Sábado	03-06-00	3.07
	Domingo	04-06-00	1.60
	Lunes	05-06-00	2.68
	Martes	06-06-00	1.95
	Miércoles	07-06-00	1.57
	Jueves	08-06-00	1.72
	Viernes	09-06-00	1.79
Promedio			2.06

Tabla N° 20: Concentración de dióxido de nitrógeno registrado en laAv. Mariscal Ramón Castilla, Ayacucho 2000.

Mes	Día	Fecha	Concentración diaria (ug/m³)
Junio	Domingo	11-06-00	7.18
	Lunes	12-06-00	13.42
	Martes	13-06-00	11.75
	Miércoles	14-06-00	8.81
	Jueves	15-06-00	9.20
	Viernes	16-06-00	12.66
	Sábado	17-06-00	7.33
Promedio			10.05

Tabla N° 21: Concentración de dióxido de nitrógeno registrado en el Jr. Tres Máscaras, Ayacucho 2000.

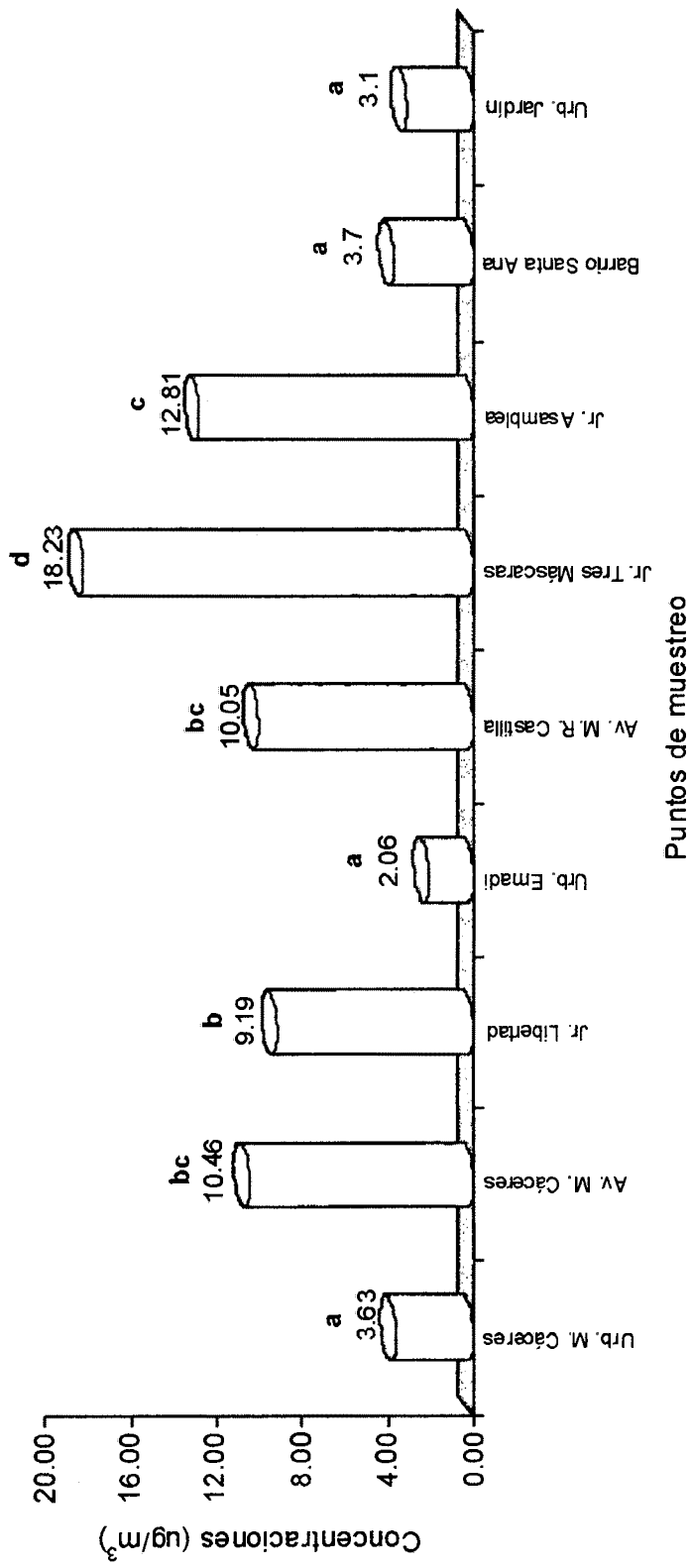
Mes	Día	Fecha	Concentración diaria (ug/m³)
Julio - Agosto	Miércoles	26-07-00	18.86
	Jueves	27-07-00	19.49
	Viernes	28-07-00	17.34
	Sábado	29-07-00	15.28
	Domingo	30-07-00	16.16
	Lunes	31-07-00	17.40
	Martes	01-08-00	23.10
Promedio			18.23

Tabla N° 24: Concentración de dióxido de nitrógeno registrado en la Urbanización Jardín, Ayacucho 2000.

Mes	Día	Fecha	Concentración diaria (ug/m³)
Setiembre	Sábado	09-09-00	2.71
	Domingo	10-09-00	3.04
	Lunes	11-09-00	3.42
	Martes	12-09-00	3.23
	Miércoles	13-09-00	3.44
	Jueves	14-09-00	2.88
	Viernes	15-09-00	2.96
Promedio			3.10

Tabla N° 25: Concentración promedio de dióxido de nitrógeno en los nueve puntos de muestreo, Ayacucho 2000.

Estaciones	Meses	Concentración (ug/m³) promedio semanal
Urb. Mariscal Cáceres	Abril	3.63
Av. Mariscal Cáceres	Mayo	10.46
Jr. Libertad	Mayo–Junio	9.19
Urb. Emadi	Junio	2.06
Av. M. Ramón Castilla	Junio	10.05
Jr. Tres Máscaras	Julio – Agosto	18.23
Jr. Asamblea	Agosto	12.81
Barrio Santa Ana	Setiembre	3.70
Urb. Jardín	Setiembre	3.10



a, b, c, d: Son rangos asignados por el test de Tukey.

Figura N° 5: Concentración media semanal de dióxido de nitrógeno en los nueve puntos de muestreo de la ciudad de Ayacucho, 2000.

V. DISCUSIÓN

La Frecuencia de circulación vehicular registradas en algunas avenidas y jirones de la ciudad de Ayacucho, durante los días muestreados (Tabla N° 15), el Jr. Tres Máscaras resultó con mayor flujo de vehículos (22 unidades) y la Av. Mariscal R. Castilla con menor frecuencia de vehículos por minuto (11 unidades).

Los resultados obtenidos en las tablas 16 al 24 arrojaron concentraciones muy por debajo del valor guía de la Organización Mundial de la Salud para 24 horas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$); que aplicado el Análisis de Varianza, arrojó una significación 0.00, es decir que los promedios de los valores de los puntos muestreados son diferentes; por ello las diferencias marcadas entre los puntos con mayor frecuencia de tránsito vehicular y zonas residenciales se demostró mediante la prueba estadística de Tukey (Anexo, Tabla N° 28).

Los resultados obtenidos en los 5 puntos de muestreo (Figura N° 5) que corresponden a zonas residenciales (Urbanización Mariscal Cáceres, Urbanización Emadi, Barrio Santa Ana y Urbanización Jardín) presentaron concentraciones similares de dióxido de nitrógeno en un promedio de 2.06 a $3.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$; esto debido a que la circulación de vehículos por sus calles es casi nula y

el impacto de las vías con alta frecuencia de tránsito vehicular de nuestra ciudad probablemente afectaron en lo mínimo.

Los resultados obtenidos en los 4 puntos con regular tránsito vehicular (Av. Mariscal Cáceres, Jr. Libertad, Av. Mariscal Ramón Castilla y Jr. Asamblea), también presentaron concentraciones similares de dióxido de nitrógeno en un promedio de 9.19 a 12.81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y que coinciden con el promedio de vehículos que circulan por dichas vías son de 11 a 15 vehículos por minuto (Tabla N° 15).

El Jr. Tres máscaras presentó mayor concentración del contaminante dióxido de nitrógeno con un promedio de 18.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, diferencia significativa respecto al resto de los puntos muestreados, tal como se puede apreciar en la prueba estadística de Tukey (Anexo, Tabla N° 28). Asimismo, este resultado coinciden con el mayor número de vehículos que circulan por dicho jirón respecto a los demás puntos muestreados, siendo un promedio de 22 vehículos por minuto (Tabla N° 15). La elevada concentración de este contaminante se debe al alto tráfico vehicular por este jirón, ya que es la única vía obligada de los vehículos de transporte público y particulares para dirigirse al centro y norte de la ciudad. Este resultado es relativamente inferior por la diferencia de tiempo en el muestreo (7 años) comparando con el distrito de Cusco, donde la Av. El Sol, vía con mayor tránsito vehicular, arrojó la más alta concentración promedio de dióxido de nitrógeno 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ el año 2007, cuya población de habitantes supera en apenas 7% a la ciudad de Ayacucho.

En un estudio preliminar realizado sobre la contaminación ambiental atmosférica en algunas ciudades del Perú, Montalvo (2006), manifiesta que el parque automotor es la principal fuente de contaminación del aire en las ciudades, siendo la contaminación industrial la segunda fuente de contaminación y que se presenta en algunas ciudades de manera puntual. Es más, Gutiérrez y Romieu (1997) afirman que las principales fuentes de emisión de dióxido de nitrógeno

hacia la atmósfera, son las fuentes estacionarias que usan combustibles fósiles (calefacción, generación de electricidad). Situación que se descarta como fuente contaminante en la ciudad de Ayacucho, sin embargo el uso de la leña por un buen porcentaje de la población ayacuchana 58.4% (Tabla N° 5) posiblemente contribuya en el incremento del contaminante atmosférico dióxido de nitrógeno.

Los resultados obtenidos de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en las ciudades de Ayacucho y Cusco distan abismalmente del resultado obtenido el año 1997 en la Av. Abancay de la ciudad de Lima (más de 7 millones de habitantes) con una concentración de 189.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que rebasa el valor guía de la Organización Mundial de la salud para 24 horas (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Narciso (1993) manifiesta que el número de vehículos automotores, causantes de la contaminación atmosférica mundial, tienden a aumentar en proporción al crecimiento demográfico y al mejoramiento de la situación económica, agudizándose y concentrándose más aún en las zonas metropolitanas de los países en desarrollo.

Las bajas concentraciones obtenidas del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en nuestra ciudad, probablemente obedece al bajo nivel de fuentes contaminantes, principalmente el parque automotor; la que se ve influenciada con la existencia de vías angostas que condicionan a un tráfico vehicular reducido. Asimismo, las edificaciones de la ciudad de Ayacucho, generalmente constan de viviendas de dos a tres pisos, facilitando la rápida dispersión del contaminante en estudio.

VI. CONCLUSIONES

1. Los bajos niveles de concentración del contaminante atmosférico dióxido de nitrógeno determinadas en la ciudad de Ayacucho, se debe particularmente a la fuente móvil (parque automotor), ya que no contamos con fuentes fijas consideradas como las mayores generadoras este contaminante como producto del uso de combustibles fósiles (calefacciones domiciliarias y generadores de electricidad); sin embargo el uso de la leña por un buen porcentaje de la población ayacuchana probablemente contribuya en el incremento del contaminante en estudio.
2. Las concentraciones del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico registradas en la ciudad de Ayacucho, de acuerdo a los estándares de calidad de aire de la Organización Mundial de la Salud, indica que no hay riesgo ni peligro para la salud de la población ayacuchana, vegetación y bienes materiales.
3. El Jr. Tres Máscaras es la zona que ha resultado con mayor concentración de dióxido de nitrógeno debido al alto tráfico vehicular respecto a los demás puntos donde se evaluó este contaminante.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar monitoreo del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico durante los periodos de lluvia y seco con ayuda de equipos meteorológicos portátiles para determinar significativamente la influencia de los parámetros meteorológicos en la dispersión de este contaminante.
2. Ampliar el estudio de la calidad de aire en nuestra ciudad respecto a otros contaminantes atmosféricos.
3. Disminuir el número de vehículos de servicio público que transitan por las principales arterias de la ciudad, renovando con vehículos de mayor capacidad para el transporte masivo.
4. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo a los motores de los vehículos, por medio de verdaderas revisiones técnicas y el control de emisiones de los gases contaminantes.
5. Se exhorta a las autoridades de la Municipalidad Provincial de Huamanga llevar un inventario ordenado del parque automotor formal e informal, distinguiendo el año de fabricación, tipo de combustible que usa, clase, modelo, etc.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Bustamante, C.** 1973. Contaminación atmosférica por monóxido de carbono. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima.
2. **Diario El Peruano**, 2001. Normas legales. D.S. N° 074-2001-PCM. Domingo 24 de junio. Lima.
3. **Diario El Peruano**, 2008. Normas Legales. D.S. N° 03-2008-MINAM. Viernes 22 de agosto. Lima.
4. **Dirección Regional de Transportes y Comunicación de Ayacucho**, 2009. Parque automotor de la ciudad de Ayacucho.
5. **Environmental Protection Agency (EPA)**, 1985. 40 CFR Part 50 National Primary and secondary ambient air quality standards.
6. **Fuentes, F. y Gómez, A.** 1997. Contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana. Lima-Perú. UNI.
7. **Fundación MAPFRE.** 1994. Manual de contaminación ambiental. Editorial Mapfre S.A. Madrid-España.
8. **García, E.** 1988. Contaminación atmosférica en América Latina y el Caribe. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Lima.
9. **Gobierno Local de la Provincia de Huamanga.** 2000. Plan Estratégico de Desarrollo Huamanga 2010. Ayacucho.
10. **Gobierno Regional del Cusco.** Registro de NO₂ según ECA (24 hrs) en la ciudad del Cusco, Enero - Junio 2007. www.regioncusco.gob.pe/siar/index.php?idEstadistica=226
11. **Gordillo, D.** 1995. Ecología y contaminación ambiental. Editorial Interamericano, México.
12. **Gutiérrez, H. y Romieu, I.** 1997. Contaminación del aire; riesgos para la salud. Editorial El Manual Moderno S.A. México.
13. **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).** 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de vivienda.
14. **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).** 2008. Compendio Estadístico 2007-2008, Tomo I y II. Ayacucho.

15. **Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INEHM)**, 1992. Contaminación del aire y salud. Serie salud ambiental N° 2. Editorial Ciencias Médicas. Cuba.
16. **Kenneth, W. y Cecil, F.** 1994. Contaminación del aire. Editorial Limusa S.A. México.
17. **Magé M. y Zali O.** 1992. (Contaminación atmosférica por vehículos automotores. Organización Mundial de la Salud y ECOTOX. Ginebra.
18. **Martínez, A y Romieu, I.** 1997. Introducción al monitoreo atmosférico. Estados de México. México.
19. **Ministerio del Ambiente (MINAM)**, 2009. Armonización de redes de monitoreo de la calidad de aire. Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), Perú.
20. **Ministerio de Energía y Minas**, 1994. Protocolo de monitoreo de calidad y de aire y emisiones. 1ra Edición. Lima-Perú.
21. **Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)**, 1991. Residuos tóxicos y peligrosos. Unidades Temáticas Ambientales. Madrid.
22. **Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU)**, 1985. La contaminación atmosférica. Centro de publicaciones. España.
23. **Montalvo, A.** 2006. Monitoreo de la calidad de aire en Arequipa, Cusco, Trujillo y Chiclayo. Programa Regional de Aire Limpio (PRAL). Lima.
24. **Municipalidad Provincia de Huamanga**, 2000. Parque automotor de la ciudad de Ayacucho 2000.
25. **Municipalidad Provincia de Huamanga**, 2010. Parque automotor de la ciudad de Ayacucho 2009.
26. **Narciso, J.** 1993. Contaminación atmosférica por dióxido de azufre en Lima Metropolitana. Tesis Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Lima-Perú.
27. **Organización Mundial de la Salud (OMS)**, 1976. Selección de procedimientos para medir la contaminación del aire. Ginebra-Suiza.
28. **Organización Mundial de la Salud (OMS)/Organización Panamericana de la Salud (OPS)**, 2000. II Simposio sobre contaminación atmosférica y salud. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud: prevención y soluciones. México.

29. **Organización Mundial de la Salud (OMS)/Organización Panamericana de la Salud (OPS)**, 1997. Introducción al monitoreo atmosférico. Editorial Hemes Impresores. México.
30. **Organización Panamericana de la Salud (OPS)**, 1980. Manual de calidad del aire en el medio urbano. Washington D.C.
31. **Proyecto Río Cachi**, 2000. Características Meteorológicas en la Ciudad de Ayacucho, abril a setiembre. Ayacucho.
32. **Raiswell, R., Brimblecombe, P., Dent, D. y Liss, P.** 1983. Química ambiental. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
33. **Seinfeld, J.** 1978. Contaminación atmosférica, fundamentos físicos y químicos. Instituto de estudios de administración local. Madrid.
34. **Vizcarra, M.** 1992. La atmósfera contaminada y sus relaciones con el público. Primera Edición, Lima-Perú.
35. **Wark, K.** 1990. Contaminación del aire: origen y control. Primera edición. Editorial Limusa. España.

ANEXOS

Tabla N° 26: Resultados de las muestras de dióxido de nitrógeno obtenidas en las 9 estaciones de muestreo de la ciudad de Ayacucho, 2000.

ZONAS DE MUESTREO	MES	FECHA	HORA INICIO	HORA TERMINO	TIEMPO MUESTREO (min)	FLUJO REAL (LPM)	VOLUMEN (m ³)	PESO (ug)	CONCENTRACIÓN (ug/m ³)	
									DIARIA	PROMEDIO
URBANIZACIÓN M. CÁCERES	ABRIL	17/04/2000	18:08	18:13	1445	0.20	0.28	1.56	5.49	3.63
		18/04/2000	18:28	18:35	1447	0.19	0.27	1.07	3.89	
		19/04/2000	18:46	18:47	1441	0.19	0.27	0.85	3.14	
		20/04/2000	08:45	08:45	1440	0.19	0.28	0.76	2.72	
		21/04/2000	08:56	08:57	1441	0.20	0.28	1.20	4.28	
		22/04/2000	09:18	10:19	1441	0.19	0.28	0.94	3.37	
		23/04/2000	09:50	11:00	1450	0.19	0.28	0.71	2.54	
		03/05/2000	17:50	17:50	1440	0.19	0.27	2.75	10.23	
		04/05/2000	17:59	18:21	1462	0.19	0.28	2.84	10.02	
Av. MARISCAL CACERES	MAYO	05/05/2000	18:31	18:30	1439	0.20	0.28	2.62	9.29	10.46
		06/05/2000	18:40	18:43	1443	0.20	0.28	3.02	10.62	
		07/05/2000	18:51	18:51	1440	0.20	0.29	3.20	10.88	
		08/05/2000	19:16	19:16	1440	0.18	0.26	3.02	11.64	
		09/05/2000	17:25	21:29	2334	0.22	0.51	5.37	10.55	
		26/05/2000	13:30	13:30	1440	0.19	0.27	2.87	10.70	
		27/05/2000	13:36	14:10	1474	0.18	0.27	2.09	7.79	
		28/05/2000	14:17	14:33	1456	0.18	0.26	1.90	7.18	
		29/05/2000	14:48	15:04	1456	0.19	0.28	2.97	10.63	
Jr. LIBERTAD		30/05/2000	15:13	13:51	1478	0.18	0.26	3.37	12.75	9.19
		31/05/2000	15:56	16:01	1445	0.25	0.35	2.51	7.10	

Continuación de la Tabla N° 26

ZONAS DE MUESTREO	MES	FECHA	HORA INICIO	HORA TERMINO	TIEMPO MUESTREO (min)	FLUJO REAL (LPM)	VOLUMEN (m ³)	PESO (ug)	CONCENTRACIÓN (ug/m ³)				
									DIARIA	PROMEDIO			
URBANIZACIÓN EMADI	JUNIO	01/06/2000	16:15	16:15	1440	0.17	0.24	2.00	8.17	2.06			
		03/06/2000	13:53	13:20	1407	0.20	0.28	0.85	3.07				
		04/06/2000	13:25	13:25	1440	0.20	0.28	0.45	1.60				
		05/06/2000	13:40	14:38	1498	0.17	0.25	0.67	2.68				
		06/06/2000	14:44	15:07	1463	0.22	0.32	0.63	1.95				
		07/06/2000	15:10	15:10	1440	0.20	0.29	0.45	1.57				
		08/06/2000	16:20	16:20	1440	0.20	0.29	0.49	1.72				
		09/06/2000	16:24	16:40	1456	0.19	0.28	0.49	1.79				
		11/06/2000	11:30	11:56	1466	0.21	0.30	2.18	7.18				
		12/06/2000	12:00	12:46	1486	0.19	0.29	3.85	13.42				
		13/06/2000	12:50	12:59	1449	0.20	0.29	3.40	11.75				
		Av. MARISCAL RAMÓN CASTILLA	JULIO	14/06/2000	13:00	13:04	1440	0.19	0.28		2.45	8.81	10.05
15/06/2000	13:19			13:20	1441	0.20	0.29	2.63	9.20				
16/06/2000	13:26			13:26	1440	0.20	0.29	3.60	12.66				
17/06/2000	13:38			14:55	1517	0.20	0.30	2.27	7.33				
26/07/2000	09:00			09:27	1467	0.19	0.28	5.33	18.86				
27/07/2000	09:35			09:40	1445	0.20	0.29	5.67	19.49				
28/07/2000	13:44			15:00	1516	0.19	0.29	4.94	17.34				
29/07/2000	15:33			13:51	1338	0.22	0.29	4.49	15.28				
30/07/2000	16:05			16:18	1453	0.22	0.32	5.10	16.16				
31/07/2000	16:28			16:25	1437	0.22	0.32	5.51	17.40				
Jr. TRES MÁSCARAS	AGOSTO			01/08/2000	16:35	17:25	1471	0.17	0.25	5.8	23.10	18.23	
				19/08/2000	13:15	13:15	1440	0.20	0.29	3.6	13.21		
		20/08/2000	13:30	14:04	1474	0.21	0.31	3.98	12.85				
		21/08/2000	14:10	14:11	1441	0.18	0.25	4.13	16.37				
		Jr. ASAMBLEA	AGOSTO	21/08/2000	14:10	14:11	1441	0.18	0.25	4.13	16.37		12.81
				21/08/2000	14:10	14:11	1441	0.18	0.25	4.13	16.37		

Continuación de la Tabla N° 26

ZONAS DE MUESTREO	MES	FECHA	HORA INICIO	HORA TERMINO	TIEMPO MUESTREO (min)	FLUJO REAL (LPM)	VOLUMEN (m ³)	PESO (ug)	CONCENTRACIÓN (ug/m ³)	
									DIARIA	PROMEDIO
BARRIO SANTA ANA	SEPTIEMBRE	22/08/2000	14:17	14:25	1448	0.19	0.28	3.87	13.76	3.26
		23/08/2000	14:31	15:42	1511	0.17	0.26	2.85	10.91	
		24/08/2000	16:00	16:17	1457	0.21	0.30	2.77	9.21	
		28/08/2000	16:25	17:19	1494	0.18	0.27	3.58	13.37	
		02/08/2000	11:00	09:35	1355	0.19	0.25	0.87	3.40	
		03/09/2000	09:41	10:03	1462	0.22	0.32	0.80	2.52	
		04/09/2000	10:07	10:39	1472	0.20	0.30	1.16	3.85	
		05/09/2000	10:43	11:06	1463	0.22	0.32	1.07	3.38	
		05/09/2000	11:11	11:26	1456	0.20	0.29	0.80	2.74	
		07/09/2000	11:33	12:00	1467	0.21	0.30	1.20	4.00	
		09/09/2000	12:04	12:29	1465	0.20	0.29	0.85	2.95	
		09/09/2000	13:40	15:00	1520	0.18	0.28	0.76	2.71	
		10/08/2000	15:04	15:29	1465	0.18	0.26	0.78	3.04	
		11/08/2000	15:35	15:52	1457	0.19	0.27	0.94	3.42	
		12/08/2000	15:56	16:11	1455	0.19	0.28	0.89	3.23	
12/09/2000	16:16	16:52	1476	0.19	0.27	0.94	3.44			
14/09/2000	16:57	17:23	1466	0.19	0.28	0.79	2.88			
15/09/2000	17:29	18:02	1473	0.19	0.29	0.85	2.96			
URBANIZACIÓN JARDIN										3.10

Tabla N° 27: Prueba Estadística de ANVA, concentración media de dióxido de nitrógeno en las nueve estaciones de muestreo de la ciudad de Ayacucho, 2000.

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Zonas	5803.699	9	644.855	229.046	0.000
Error	152.032	54	2.815		
Total	5955.731	63			

Tabla N° 28: Prueba Estadística de Tukey, concentración media de dióxido de nitrógeno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en las nueve estaciones de muestreo de la ciudad de Ayacucho, 2000.

PUNTOS DE MUESTREO	SUBCONJUNTOS			
	a	b	c	d
Urbanización Emadi	2.0543			
Urbanización Jardín	3.0971			
Barrio Santa Ana	3.2629			
Urb. Mariscal Cáceres	3.6329			
Jr. Libertad		9.1886		
Av. Mariscal R. Castilla		10.0500	10.0500	
Av. Mariscal Cáceres		10.4614	10.4614	
Jr. Asamblea			12.8114	
Jr. Tres Máscaras				18.2329

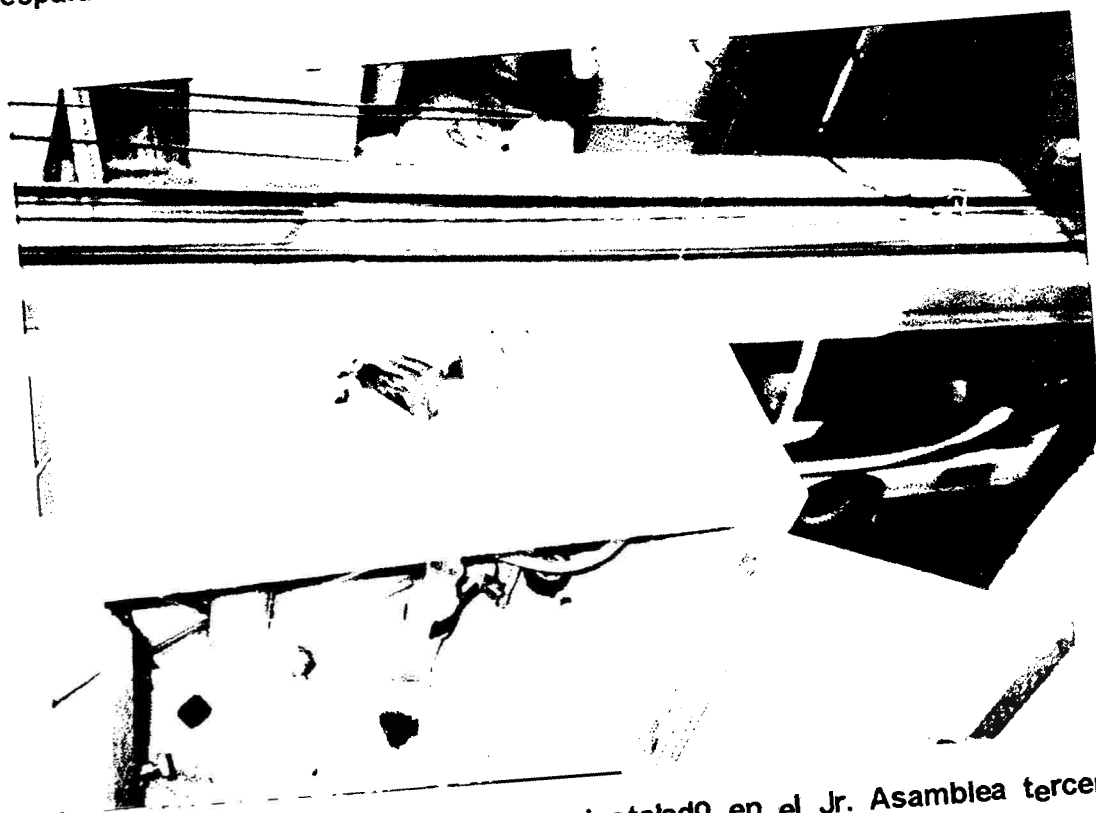
$\alpha = 0.05$



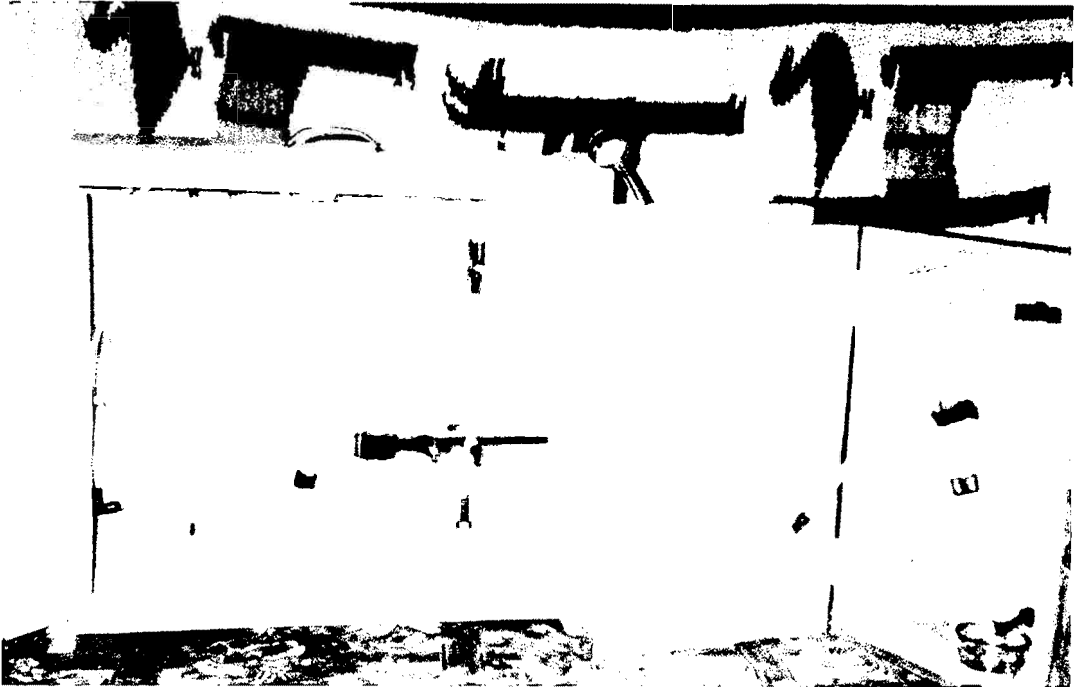
Fotografía N° 2: Frasco Dreschel de uso exclusivo en la captación de NO_2 .



Fotografía N° 3: Tren de muestreo en el Barrio Santa Ana, instalada a espaldas de la Sanidad Policial.



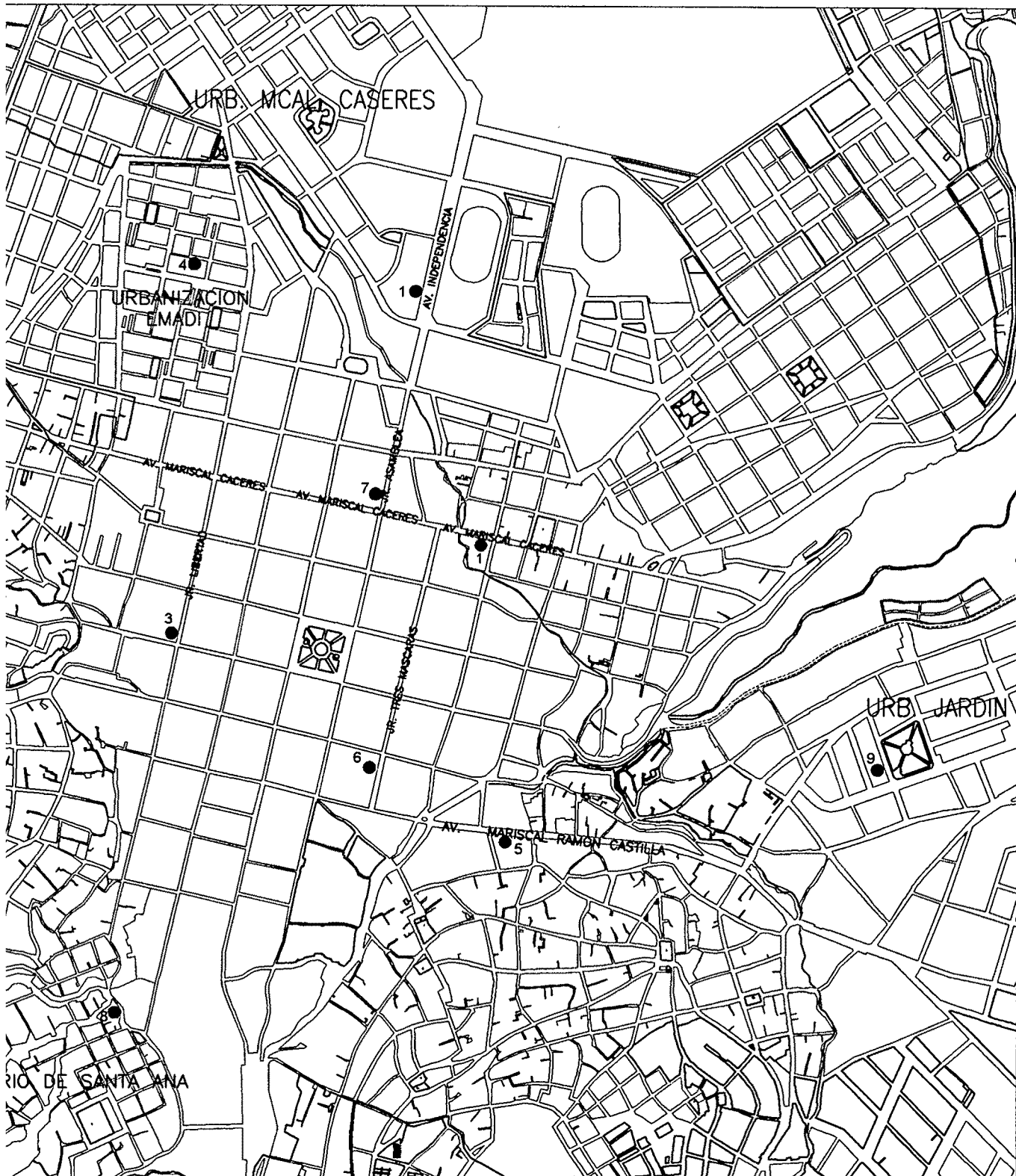
Fotografía N° 4: Tren de muestreo instalado en el Jr. Asamblea tercera cuadra.



Fotografía N° 5: Tren de muestreo (izquierda) y calibrador primario (derecha).



Fotografía N° 6: Análisis en laboratorio de las muestras, reactivos para determinar el peso del contaminante dióxido de nitrógeno.



LEYENDA

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. U. s. Mariscal Cáceres | 6. Jr. Tres Máscaras |
| 2. Av. Mariscal Cáceres | 7. Jr. Asamblea |
| 3. Jr. Libertad | 8. Barrio Santa Ana |
| 4. Urb. Emadi | 9. Urb. Jardín |
| 5. Av. M. Ramón Castilla | |

Figura N° 6: Ubicación de los nueve puntos de muestreo en la ciudad de Ayacucho.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Determinación del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Ayacucho.

Problema	Objetivos	Marco teórico	Variables	Metodología
<p>El uso masivo de la leña y el gas licuado de petróleo como combustible doméstico e industrial y principalmente el incremento del parque automotor y su consecuente congestionamiento vehicular permanente en el mercado de Ayacucho, causantes de los problemas ambientales como la contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno, ha sido motivo para realizar el presente trabajo de investigación.</p>	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la concentración del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Ayacucho. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar y comparar la concentración de este contaminante en puntos con alta frecuencia de tránsito vehicular y zonas residenciales. - Determinar el punto con mayor concentración de dióxido de nitrógeno atmosférico. 	<p>El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un gas de olor ligero, picante, de color castaño-anaranjado cuyo peso molecular es 46,01. Es soluble en agua, cuya reacción genera ácido nítrico o nítrico, es corrosivo y fuertemente oxidante. El NO en la atmósfera tiende a convertirse en NO₂ (García, 1988).</p> <p>En su formación como monóxido de nitrógeno, es el único contaminante atmosférico que no depende de ningún tipo de combustible, sino, más bien, de la temperatura de combustión (Gordillo, 1995).</p> <p>La combustión es la principal fuente antropogénica de óxidos de nitrógeno. Durante la combustión a elevadas temperaturas, el nitrógeno y el oxígeno del aire reaccionan para formar el NO y NO₂.</p> <p>En cuanto a las fuentes móviles, el parque automotor es el mayor contaminante atmosférico; y en las fuentes fijas, son los calefactores y generadores de energía eléctrica que usan combustibles fósiles.</p>	<p>Concentración del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Ayacucho.</p>	<p>Se utilizó el método del arsenito de sodio, método activo de la EPA, Capítulo 1, CFR 40 Part 53, Apéndice F. Se estableció 9 estaciones de muestreo; 4 zonas residenciales y 5 vías con alta frecuencia de tránsito vehicular. Se instaló el sistema de muestreo previa calibración del flujo de aire y se recogió muestras de 24 horas durante una semana continua en cada estación. Las muestras acumuladas fueron analizadas y leídas en un espectrofotómetro a 540nm, las absorbancias obtenidas a través de la curva de calibración para el NO₂ se obtuvieron el número de ug/ml, luego se determinó el peso haciendo uso de una ecuación.</p>

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
R. D. N° 229-2010-FCB-D
Bach. Porfirio Ventura Flores

En la ciudad de Ayacucho, siendo las once de la mañana del día lunes veintisiete de diciembre del dos mil diez, en el auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas, reunidos bajo la presidencia del MSc. Elmer Ávalos Pérez, quien además es miembro; y con la asistencia de: MSc. Carlos Carrasco Badajoz; Biólogo Adrián Ramírez Quispe y MSc. Elya Bustamante Sosa; actuando como Secretaria Docente la Mg. Maricela López Sierralta, para recepcionar la sustentación de tesis: Determinación del contaminante dióxido de nitrógeno atmosférico en la ciudad de Ayacucho, presentado por el bachiller en Ciencias Biológicas Porfirio Ventura Flores, quién pretende optar el título de Biólogo con mención en Microbiología

El decano instruye al sustentante sobre las pautas de exposición y la secretaria docente, luego de la verificación de los documentos en mesa da lectura a la Resolución Decanal N° 229-2010-FCB-D.

Culminada la exposición el decano da inicio a la siguiente etapa cediendo la palabra a los jurados para que realicen las observaciones y preguntas que deseen, en primera instancia inicia su participación el profesor Carlos Carrasco Badajoz, quien reflexiona sobre la demora en la exposición del trabajo de tesis; ¿Por qué manifiesta que la tesis no maneja variables? ¿Por qué en los cuadros si maneja variables?, según su tesis ¿Podría decir que existe smog en Ayacucho?

La Profesora Elya Bustamante que en la Matriz de Consistencia se observa que el título está incompleto, además no está la delimitación ¿Porqué tomó zona residencia? Debe considerar todo y de acuerdo al tránsito. ¿Cuáles son los valores de ECAS (Estándares de Comparación de Aires?).

Debe completar el problema, modificar las tablas y las discusiones de acuerdo a la concentración diaria. Se debe ampliar en antecedentes.

El decano como miembro participa ¿Cuáles son las medidas correctivas que has tomado? Su redacción debe tener congruencia. ¿Cómo realizó el muestreo? ¿El contaminante fue sólo parque automotor? ¿Y restaurantes? ¿El dióxido de nitrógeno es generado solo por parque automotor? ¿Cocina, leña, hornos no genera también contaminación?. Luego se dio la participación del profesor Adrián Ramírez Quispe en su calidad de Asesor.

Luego el decano invita al sustentante y al público abandonar el auditorio para que el Jurado pueda deliberar y emitir su calificación como sigue:

JURADO CALIFICADOR	EXPOSICIÓN	RPTA.PREGUNTAS	PROMEDIO
MSc. Elmer Ávalos Pérez	14	16	15
MSc. Carlos Carrasco Badajoz	14	15	15
Bigo. Adrián F. Ramírez Quispe	14	14	14
MSc. Elya Bustamante Sosa	13	14	14

PROMEDIO 15

El sustentante obtuvo la calificación promedio de QUINCE (15) de lo cual dan fe los miembros estampando su firma al pie de la presente. Concluye la sustentación siendo la una y cuarenta de la tarde.


.....
MSc. Elmer A. Ávalos Pérez
Presidente-Miembro


.....
MSc. Carlos E. Carrasco Badajoz
Miembro


.....
Bigo. Adrián F. Ramírez Quispe
Miembro


.....
MSc. Elya Bustamante Sosa
Miembro


.....
Mg. Maicela López Sierralta
Secretaria Docente