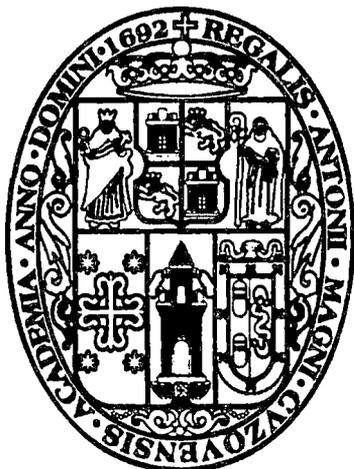


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
CARRERA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**EVALUACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO EN LA
CUENCA ATMOSFÉRICA DEL VALLE DEL CUSCO**

TESIS PRESENTADA POR:

Br. IVONNE ALZAMORA TAYPE

Br. MILAGROS POBLETE LOYOLA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
BIÓLOGO**

ASESOR:

M.Sc. LUCIANO CRUZ MIRANDA

CO - ASESOR:

ING. MARIO CUMPA CAYURI

Tesis Auspiciada por el Consejo de Investigación - UNSAAC

**CUSCO - PERÚ
2012**

A mis amados padres Carlos Poblete y Susan Loyola por su amor, dedicación y apoyo incondicional. A mis queridos hermanos Karla y Salvador los cuales me apoyaron tanto con mi pericota, a mi amado esposo Guiler por su paciencia, amor y comprensión en todo momento y a mi pequeña Lалу quien me dio la fuerza para culminar este trabajo con sus incontables aportes.

A mis amados padres Cecilio Alzamora y Carmen Rosa Taype quienes me motivaron con su amor, abnegación y apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida. A mi hermano Kent por su ejemplo, ánimo y respaldo en todo momento. A mi amore Juan José por su amor, ayuda y comprensión.

Un agradecimiento especial para:

- El Sr. profesor M.Sc. Luciano Cruz Miranda y Sr. profesor Ing. Mario Cumpa Cayuri por su apoyo como asesores y amigos.
- Blga. Isabel Rodriguez, Ing. Jesús Carlos Espinoza, Ing. Daniel Coavoy y Mgt. Marta Mostajo por sus aportes para mejorar el presente trabajo.
- A las brujitas nuestras amigas Pamela, Virna y Karol por su apoyo, compañía y aliento durante nuestra vida universitaria.
- A nuestro amigo y compañero de facultad Ruben Sierra por su ayuda y la información que nos brindó.
- A Miki por su ayuda en laboratorio.
- Y un agradecimiento especial a Lara Luan quien nos incentivó a culminar de manera rauda la tesis con sus travesuras y sus ganas de tomar mucha agua.

EVALUACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO EN LA CUENCA ATMOSFERICA DEL VALLE DEL CUSCO

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN.....	i
INTRODUCCIÓN.....	ii
JUSTIFICACIÓN.....	iii
OBJETIVOS.....	iv
HIPÓTESIS.....	v

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. EL AIRE.....	2
1.2.1. Composición del aire.....	3
1.2.2. Contaminación del aire.....	3
1.2.2.1. Fuentes de contaminación del aire.....	3
• Contaminantes primarios.....	4
• Contaminantes secundarios.....	4
1.2.2.2. Dispersión de contaminantes en la atmósfera.....	5
• Viento.....	5
• Gradiente vertical.....	7
• Factores topográficos.....	9
1.2.3. Calidad de aire.....	11
1.2.3.1. Emisión.....	11
1.2.3.2. Inmisión.....	13
1.2.4. Marco legal.....	14
1.3. CLIMA URBANO.....	23
1.4. EFECTO INVERNADERO.....	26
1.4.1. Efecto Invernadero natural.....	27
1.4.2. Efecto Invernadero antropogénico.....	28
1.4.2.1. Incremento de la concentración de.....	30
componentes naturales.	
1.4.2.2. Aporte de sustancias ajenas a la.....	32
composición de la atmósfera.	
1.4.3. Gases de efecto invernadero (GEI).....	35
1.4.3.1. Gases de efecto invernadero de larga vida (GEILV)...	35
• Dióxido de carbono- CO ₂	35
• Óxido nitroso - N ₂ O.....	37

1.4.3.2. Gases de efecto Invernadero de corta vida.....	41
(GEICV)	
• Dióxido de azufre- SO ₂	41
• Sulfuro de hidrógeno - H ₂ S.....	45
1.5. BIOENSAYO.....	46

CAPITULO II

AREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN.....	49
2.1.1. Política.....	49
2.1.2. Geográfica.....	49
2.2. CUENCA ATMOSFÉRICA DEL VALLE DEL CUSCO.....	51
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE ESTUDIO.....	53
2.3.1. Geomorfología.....	53
2.3.2. Clima.....	54
• Temperatura.....	55
• Precipitación.....	55
2.3.3. Ecología.....	58
• Zonas de vida.....	58
• Flora.....	59
• Fauna.....	60
2.3.4. Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en.....	61
la cuenca atmosférica del valle del Cusco	
• Fuentes móviles.....	61
• Fuentes fijas.....	62

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES.....	63
3.2. METODOLOGÍA.....	65
3.2.1. Ubicación de las estaciones de muestreo.....	65
3.2.2. Características de las estaciones de muestreo.....	66
3.2.3. Determinación de niveles de GEI de larga vida.....	68
la cuenca atmosférica del valle del Cusco	
3.2.4. Determinación de niveles de GEI de corta vida.....	71
la cuenca atmosférica del valle del Cusco	
3.2.5. Bioensayo DL50 de CO ₂ en peces.....	74

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. NIVELES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	76
DE LARGA VIDA	
4.1.1. Dióxido de carbono - CO ₂	76
4.1.2. Óxido nitroso- N ₂ O	82
4.2. NIVELES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	87
DE CORTA VIDA	
4.2.1. Dióxido de azufre - SO ₂	87
4.2.2. Sulfuro de hidrogeno - H ₂ S.....	92
4.3. BIOENSAYO DL50 DE CO ₂ EN PECES.....	98

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en la cuenca atmosférica del valle del Cusco en los periodos de enero 2010 a enero 2012 estableciendo 9 puntos de muestreo en los principales focos emisores de la cuenca atmosférica del valle del Cusco, como: Piñipampa, Huacarpay-Lucre, Oropesa, Pillao Matao, Diresa Cusco (Av. De la Cultura), Serpost (Av. El Sol), Plaza de Armas del Cusco, San Luis – Aeropuerto (San Sebastián), San Benito (Tica Tica).

Se evaluaron los principales gases efecto invernadero como: CO₂, N₂O, SO₂ y H₂S. Se utilizaron métodos: gravimétricos, espectrometría visible y de absorción atómica.

Como resultados de las evaluaciones se obtiene que la concentración máxima de CO₂ se registra en el punto de muestreo 7 (Plaza de Armas del Cusco) con 67 ppm, en segundo lugar el punto de muestreo 6 (SERPOST) con 64 ppm, en tercer lugar el punto de muestreo 8 (San Luis Aeropuerto) con 63 ppm, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel promedio de CO₂ para la cuenca atmosférica del valle del Cusco es de 40 ppm; y por cada 0.042 ppm de CO₂ en promedio la temperatura se incrementa en 1 °C, y por cada 5.44 ppm de CO₂ la precipitación se incrementara en 1 mm.

Para N₂O la concentración máxima se encuentra en el punto de muestreo 9 (San Benito - Arco Tica) con 19 µg/m³, en segundo lugar el punto de muestreo 1 (Piñipampa) con 13 µg/m³, en tercer lugar el punto de muestreo 3 (Oropesa) con 12 µg/m³, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel N₂O promedio para la cuenca atmosférica del valle de Cusco es de 14 µg/m³. Donde por cada 0.35 µg/m³ de incremento de N₂O la temperatura se incrementa en 1 °C, y por cada 3.3 µg/m³ de incremento la precipitación disminuye en 1mm.

La concentración máxima es de SO_2 se registra en el punto de muestreo 5 (Hospital Regional) con $208 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en segundo lugar en el punto de muestreo 4 (Pillao Matao) con $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$. en tercer lugar el punto de muestreo 1 (Piñipampa) con $173 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel promedio SO_2 para la cuenca atmosférica del valle del Cusco es $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Donde por cada $0.023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de SO_2 en promedio la temperatura se incrementa en 1°C y por cada $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento la precipitación se incrementa en 1 mm.

Para H_2S la mayor concentración se encuentra en el punto de muestreo 1 (Piñipampa) con $227 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en segundo lugar en el punto de muestreo 4 (Pillao Matao) con $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$. en tercer lugar en el punto de muestreo 2 (Huacaroav) con $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel promedio de H_2S para la cuenca atmosférica del valle de Cusco es $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Donde por cada $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de H_2S en promedio la temperatura se incrementa en 1°C y por cada $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento la precipitación se incrementa en 1 mm.

De acuerdo al presente estudio se registran niveles apreciables de concentración de gases efecto invernadero de larga vida, donde el dióxido de carbono se encuentra en mayor concentración y el óxido nitroso presenta una menor concentración al igual que los gases efecto invernadero de corta vida (dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno) dentro de la cuenca atmosférica del valle del Cusco.

INTRODUCCIÓN

El Efecto Invernadero es el proceso por el cual ciertos gases de la atmósfera retienen gran parte de la radiación infrarroja emitida por la Tierra y ésta emite de nuevo a la superficie terrestre calentando la misma. Desde 1896 el dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero (GEI), ayudan a impedir que los rayos infrarrojos escapen al espacio, lo que hace que se mantenga una temperatura cálida en nuestro planeta (efecto invernadero). Sin embargo, el incremento de los niveles de CO_2 , CH_4 , H_2S , N_2O y SO_2 están provocando un aumento de la temperatura global, lo que origina importantes cambios climáticos con graves implicaciones para la productividad agrícola, normal desarrollo de animales y contribuye a la desaparición de especies que no pueden adecuarse a los cambios que se están originando en nuestro planeta. (Seoanez, 1997).

En la ciudad del Cusco durante los últimos años el parque automotor se ha incrementado siendo ésta la causa principal de las emisiones de los gases efecto invernadero como CO_2 , N_2O y SO_2 se debería a la combustión incompleta de los combustibles fósiles como el petróleo, gasolina, etc.; así mismo se tiene en el valle del Cusco establecimientos de públicos como pollerías, pizzerías, restaurantes ladrilleras y centros de producción de tejas que utilizan hornos artesanales que emiten gases efecto invernadero afectando la calidad de aire. La presencia de cuerpos de agua tales como el río Huatanay en el cual se vierten aguas de alcantarillado genera la emisión de H_2S , igualmente el humedal de Huacarpay genera la emisión de dichos gases.

La falta de información sobre las concentraciones de los gases efecto invernadero de larga y corta vida dentro de la cuenca atmosférica del valle del Cusco hace que sea necesario plantear el presente estudio con la finalidad de evaluar dichos gases, para plantear alternativas de reducción de emisión de estos gases en bien de la calidad del aire y por la vital importancia del efecto invernadero en la dinámica de los ecosistemas.

JUSTIFICACION

El presente estudio se realizó en la cuenca atmosférica del valle del Cusco, debido principalmente a la escasa de información acerca de la concentración de los GEI de larga y corta vida tales como CO₂, N₂O, SO₂ y H₂S; los cuales contribuyen directamente al incremento del efecto invernadero e influyen en el cambio climático por ser este un problema mundial.

La temperatura promedio anual en la cuenca atmosférica del valle del Cusco para el año 2002 fue de 12.41 °C y para el año 2011 fue de 12.53 °C (Senamhi, 2012) habiendo un incremento de 0.12 °C durante los últimos 10 años, este incremento de temperatura sería consecuencia del efecto invernadero global que se ha intensificado por la mayor emisión de gases efecto invernadero a la atmósfera (IPCC, 2012).

La finalidad del presente trabajo es determinar los niveles de los principales gases efecto invernadero, ubicando puntos de muestreo en las zonas donde se emiten mayores concentraciones de estos gases, para lo cual se utilizaron métodos de volumetría, espectroscopia visible ultravioleta y de absorción atómica.

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitirán plantear alternativas de reducción de emisión de gases efecto invernadero para mejorar la calidad del aire en la cuenca atmosférica del valle del Cusco.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los principales gases de efecto invernadero en la cuenca atmosférica del valle del Cusco.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a. Evaluar los niveles de CO_2 y N_2O (gases efecto invernadero de larga vida) dentro de la cuenca atmosférica del valle del Cusco.
- b. Estimar los niveles de SO_2 y H_2S (gases efecto invernadero de corta vida) en el área de estudio.
- c. Correlacionar los niveles de los gases efecto invernadero estudiados con la temperatura y la precipitación.

HIPOTESIS

Las principales actividades antrópicas que involucran procesos de combustión generan emisiones de gases efecto invernadero de larga y corta vida en la cuenca atmosférica del valle del Cusco.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES

Gil ,1999. Hace un estudio sobre la inversión térmica en la ciudad del Cusco debido a que esta se encuentra rodeada de cerros a modo de un cono receptor de la polución que se genera en la ciudad, esta contaminación proviene sobre todo del parque automotor y de la condición topográfica del Cusco que al estar ubicada en un valle los vientos tienen una mayor turbulencia entre las 10:00 y 19:00 horas en los meses de julio y agosto inclusive setiembre, y en condiciones de temperaturas bajas, ausencia de precipitaciones y alta radiación solar la dispersión de los contaminantes es mayor, la temperatura del estrato superior es mayor que la temperatura del aire que se encuentra adosado a la urbe y esto hace que el flujo de aire sea de arriba hacia abajo, debido a que la temperatura del suelo es menor , generándose una capa de inversión de subsidencia o de hundimiento debido a las características antes mencionadas, estas condiciones permanecen constantes mientras la dirección y la velocidad del viento no se modifiquen.

Carazas y Yuca, 1999. Estudian los agentes contaminantes primarios del aire por la quema de ladrillos en la zona de Manahuañunca – Santiago, registrando que los agentes contaminantes superan los límites permisibles (EPA) con concentraciones de 2.6 ppm para el CO, 0.19 ppm para el SO₂, 137.15 mg/m³ de partículas en suspensión, causados por las partículas de carbón y ceniza.

Molleapaza y Sarmiento, 2000. Hacen un estudio sobre los gases: CO y CO₂ emitidos por los escapes de los autos del parque automotor del Cusco, registrando concentraciones que exceden los límites máximos permisibles, con valores de 31.0 mg/m³ para CO y 39.1 mg/m³ para CO₂ en el primer muestreo y 29.9 mg/m³ para CO y 42.7 mg/m³ para CO₂, en el segundo muestreo reflejándose los efectos de estas altas concentraciones en la salud humana.

DIGESA, 2001. Realiza evaluaciones de gases, en ciudades importantes del Perú, obteniendo para la ciudad del Cusco para CO 15ppm para una hora y para el SO₂ 50 µg/m³ en 24 horas .Estos valores no superan los niveles máximos permisibles.

POCH AMBIENTAL, 2008.- Realiza un inventario de emisiones de gases efecto invernadero para Chile desde el año 1984 a 2006. Se estimaron las emisiones de tres sectores: energía, industrial y en el uso de solventes. Se determinó las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), óxidos nitroso (N₂O) y dióxido de azufre (SO₂), basándose en revisión y aplicación de metodologías desarrolladas y especificadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en el año 1996 y su actualización del año 2000. En Chile, de los tres sectores indicados las emisiones totales de CO₂ equivalente son generadas en su gran mayoría por el sector energía, representando en su conjunto el 92% de las emisiones totales de CO₂, siendo el 8% restante debido a emisiones asociadas al sector de procesos industriales. Las emisiones totales de CO₂ equivalente para estos sectores han crecido un 190% entre 1984 y el 2006, alcanzando el año 2006 un valor final de 68.572 Toneladas de CO₂.

1.2. EL AIRE

Es parte de la atmósfera más cercana a la superficie terrestre, es una mezcla de gases que contiene materiales sólidos finos y sustancias gaseosas en suspensión. A mayor altura menor densidad de O₂ porque al disminuir la presión atmosférica la densidad del aire es menor y los átomos de oxígeno están distanciados unos de otros. A mayor altura menor temperatura en la troposfera, que desciende uniformemente hasta la tropopausa, a mayor altura el aire es más frío. El aire al ser un recurso natural renovable, se regenera continuamente mediante dos procesos:

a) La actividad fotosintética de las plantas que absorben el CO₂ del aire y producen O₂, este proceso descarga el exceso de CO₂ del aire y restablece el O₂ necesario para la vida.

b) El ciclo del agua que aporta vapor de agua y lo desprende por las precipitaciones, de esta manera el agua circula y restablece el vapor de agua en la atmósfera. (Orozco. 2005)

1.2.1. Composición del aire

El aire está constituido por una mezcla de gases, partículas en suspensión y en proporciones diferentes, los gases predominantes son el Nitrógeno y el Oxígeno, los cuales forman el 99% de la mezcla, las proporciones varían ligeramente según el lugar y el instante en que se realice la medida, siempre que nos mantengamos dentro de los límites de la troposfera. (Tyler, 1994.)

Composición natural del aire (Porcentaje - volumen)

Nitrógeno (N₂) = 78%
Oxígeno (O₂) = 21%
Argón (Ar) = 0.9%
Dióxido de carbono (CO₂) = 0.03%
Vapor de Agua y otros gases = 0.07%.
(Tyler, 1994.)

1.2.2. Contaminación del aire

La contaminación atmosférica es el deterioro de la atmósfera por inyección y permanencia temporal en ella de sustancias gaseosas, líquidas, sólidas o radiaciones ajenas a su composición y proporción natural. (Seoanez, 1997)

1.2.2.1. Fuentes de contaminación del aire

Las alteraciones de la composición del aire pueden tener un doble origen:

- ✓ **Natural:** erupciones volcánicas, meteoritos, incendios forestales.
- ✓ **Artificial o antropogénico:** provocadas por actividades humanas, fundamentalmente el transporte, las combustiones, procesos industriales y actividades domésticas. (Rivero, 1993)

• Contaminantes primarios

Cuantitativamente constituyen más del 90% del problema, siendo los siguientes:

- Monóxido de Carbono
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x , especialmente NO y NO_2)
- Óxidos de Azufre (especialmente SO_2)
- Hidrocarburos o compuestos orgánicos volátiles (COV) actualmente cabe distinguir metano (CH_4) v compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM)
- Partículas
- Otros: Amoniacó (NH_3)
 Sulfuro de hidrógeno (H_2S)
 Halógenos (X_2)
 Dióxido de carbono (CO_2)
 Óxido nitroso (N_2O)
 Metales

Con frecuencia se controlan únicamente estos cinco grupos, pero, actualmente se debe incrementar el número de contaminantes a medir como por ejemplo, amoniacó, plomo, óxidos de dinitrógeno, ozono, cloroflorocarbonados, etc. (Seoanez, 1997)

• Contaminantes secundarios

Se produce como consecuencia de la aparición en la atmósfera de oxidantes, originados al reaccionar entre sí los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxígeno en presencia de la radiación ultravioleta de los rayos del sol. La formación de los oxidantes se ve favorecida en situaciones estacionarias de altas presiones (anticiclones) asociados a una fuerte insolación y vientos débiles que dificultan la dispersión de los contaminantes primarios.

Se indica que bajo esta denominación pueden incluirse una multitud de compuestos de diferente naturaleza como por ejemplo:

- Sulfuro de hidrógeno
- Oxidantes fotoquímicos
- Ozono (O₃)
- Sulfatos
- Nitratos

Su presencia no se estudia de forma sistemática, pero el hecho de que no se estudie no debe llevarnos a cometer el error de pensar que no existen. Actualmente son pocos los contaminantes presentes en la atmósfera que se controlan de forma sistemática, es preciso tener presente que el número de contaminantes a estudiar se debe ir incrementando a medida que aumenten medios y esfuerzos dedicados a la contaminación atmosférica, destacando que los Estándares de calidad ambiental (ECAs) están realizando estudios correspondientes a la calidad del aire bajo decreto supremo 074-2001-PCM. (MINAM, 2011).

1.2.2.2. Dispersión de contaminantes en la atmósfera

Una vez que los contaminantes se emiten a la atmósfera, tiene lugar su dispersión, hecho que influye de forma decisiva en los niveles de inmisión y por lo tanto en el grado de contaminación a que se ven sometidos los componentes de la biosfera.

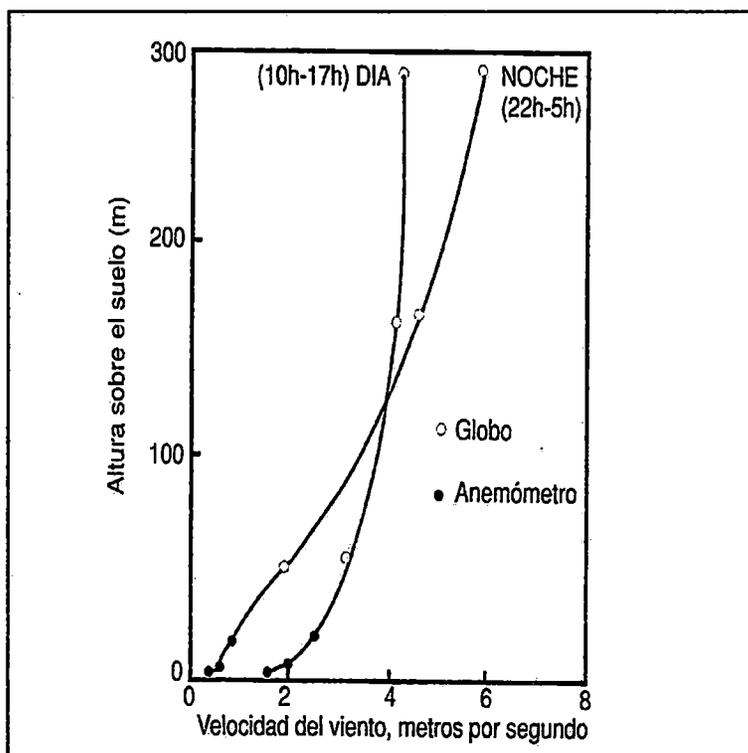
Existen dos factores de especial interés, el viento y la gradiente vertical de temperatura, que rigen el movimiento horizontal y vertical de las masas de aire. (Tyler, 1994).

• Viento

Es un parámetro meteorológico de gran importancia para la difusión de los contaminantes. La simple observación del penacho en una chimenea nos permite valorar su influencia, pues en un día de calma, observamos que el penacho asciende indefinidamente, mientras que en un día de viento, si es

intenso. vemos que el penacho llega a doblarse casi 90° en la dirección en que sopla el viento. Por tanto para delimitar su influencia, debemos conocer el campo de velocidades así como la magnitud, dirección y sentido. La dirección y el sentido indican el camino que seguirán los contaminantes, mientras que la dispersión será función de la magnitud, por que cuanto mayor sea ésta, mayor será la difusión. La turbulencia, que son las variaciones caóticas de la dirección y la velocidad, puede originarse por contacto con la superficie terrestre, por la orografía del terreno o por la presencia de construcciones o edificios elevados, influye también en la dispersión. Se manifiestan diferencias notables entre los vientos actuantes en las zonas altas de la atmósfera y los vientos existentes en la zona de la tropósfera más próxima a la superficie terrestre. (Glynn, 1999). En la figura .1 se puede observar la variación del viento en el día y la noche.

Figura .1
Variación del Viento



Fuente: Seoanez, 1997

La dirección del viento también cambia con la altura. Cuando la intensidad es fuerte y no existen obstáculos importantes en el terreno, la variación de la dirección es despreciable a alturas inferiores a 100 m. sin embargo para vientos débiles los cambios de dirección pueden adquirir importancia. Estos cambios vienen determinados por las fuerzas de fricción, fuerzas que varían con la altura, lo que origina desplazamientos angulares del viento, en los puntos más cercanos a la superficie terrestre. (Tyler, 1994).

• Gradiente vertical

Una de las características más importantes de la atmósfera desde el punto de vista termodinámico es la variación de la temperatura a medida que se va ascendiendo, es decir, el gradiente térmico. Es un factor de gran importancia para la dispersión de los contaminantes, y la situación normal es que la temperatura decrezca con la altura. En las denominadas condiciones adiabáticas, la disminución de temperatura con la altura es constante, del orden de 1 °C por cada 100 m, recibiendo esta variación el nombre de gradiente adiabático de temperaturas. Se ha determinado también la disminución real que normalmente experimenta la temperatura con la altura, midiendo temperaturas del aire en latitudes medias hasta alturas aproximadas de 10 km y se ha encontrado que la variación normal de temperatura oscila alrededor de 0.66 °C/100 m. (Enkerlin, 1997).

El máximo grado de estabilidad se alcanza en aquellas capas de la atmósfera donde la temperatura aumenta con la altura. Los estratos en que se presenta este fenómeno se denominan *inversiones térmicas*. El punto de inversión es aquel donde el gradiente vertical de temperatura cambia de signo y la capa de inversión es la zona comprendida entre dos puntos de inversión. Las inversiones impiden la difusión vertical de los contaminantes, por lo que, según sea la altura a la que se encuentre la capa de inversión, pueden producirse situaciones que conducen a valores de inmisión muy elevados, al estar totalmente impedida la difusión vertical de los contaminantes y depender ésta exclusivamente de la posibilidad de dispersión horizontal la cual si no existe

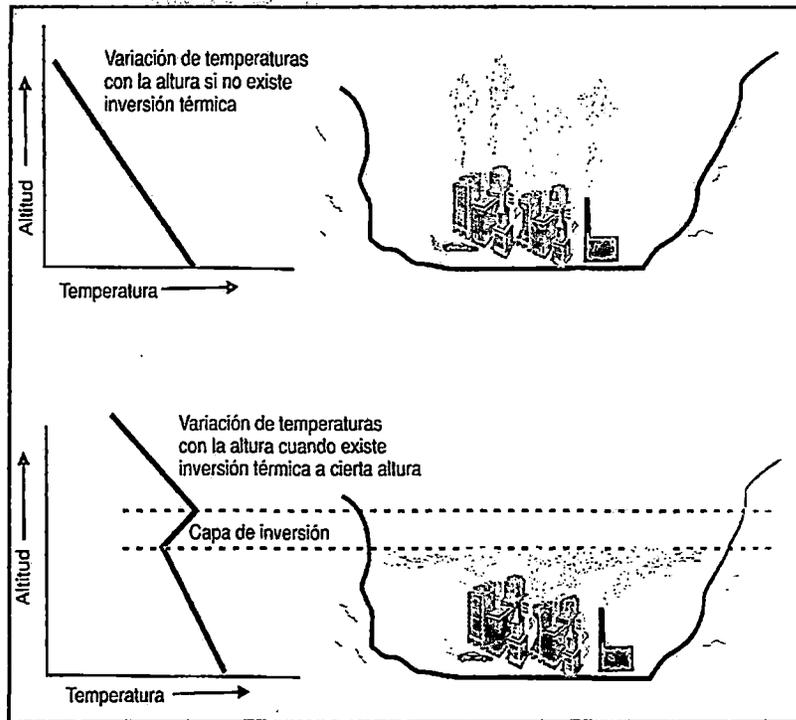
viento, o si se encuentran obstáculos topográficos puede en ocasiones verse impedida. (Glynn, 1999).

Existen diferentes tipos de inversión como:

- **Inversión por asentamiento:** tiene lugar por un descenso lento y un calentamiento adiabático de una masa de aire sobre una zona de la atmósfera, lo que hace que esta capa de aire actúe como un obstáculo que impide la difusión de los contaminantes. Este tipo de inversión se suele situar en general a cierta altura respecto a la superficie terrestre y puede durar varios días si la atmósfera es estable.
- **Inversión por radiación:** o inversión nocturna, es un fenómeno ocasionado por la diferencia de temperaturas que tiene la superficie terrestre en las horas diurnas y nocturnas. Durante las horas de sol la superficie terrestre recibe calor por conducción y/o radiación, con lo que las capas de aire situadas junto a ella se calientan y por tanto el gradiente de temperatura en la atmósfera es negativo. Por la noche la superficie terrestre emite radiación, con lo que se enfría y las capas de aire en contacto con la misma se enfrían hasta temperaturas inferiores a las que tienen otras capas superiores. Este tipo de inversión desaparece al amanecer y comienza un nuevo ciclo. (Seoanez, 1997).

Figura .2

Dispersión vertical de los penachos sin y con inversión térmica



Fuente: Seoanez, 1997

• Factores topográficos

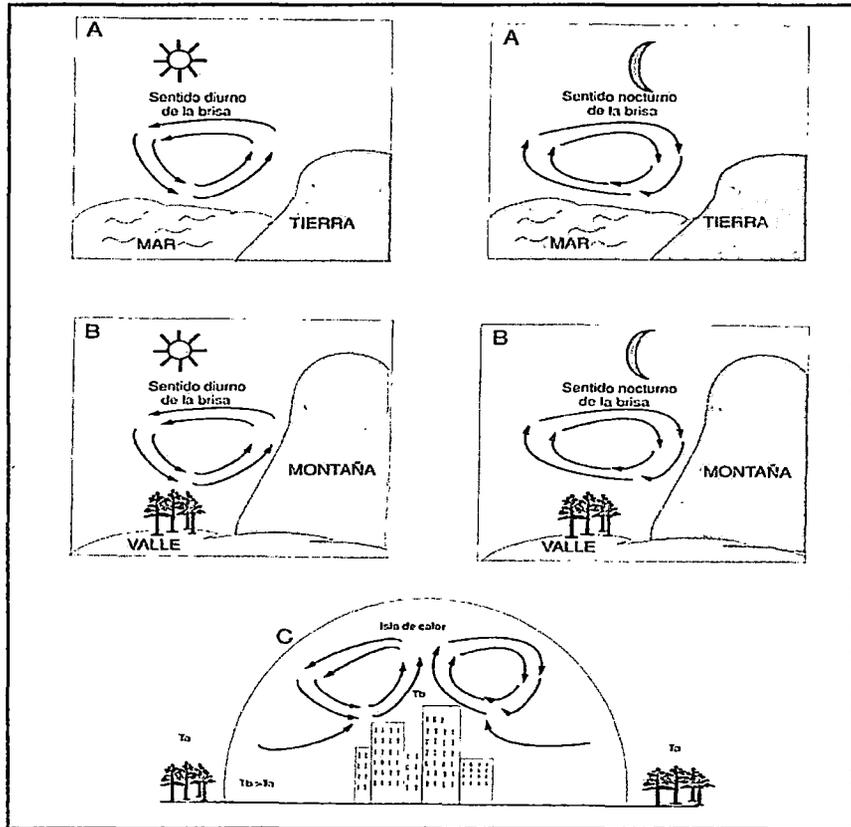
Existen factores topográficos que pueden introducir modificaciones en los movimientos de los contaminantes entre los más notables podemos citar:

- **Efecto del mar:** la diferente capacidad calorífica de la tierra y el agua, da lugar a un calentamiento distinto de la tierra y el agua. Durante el día la tierra se calienta más rápidamente que el mar, lo que origina que la circulación del viento se produzca desde el mar hacia la tierra (brisa marina). Durante la noche la tierra se enfría más rápidamente y el viento circula desde la tierra hacia el mar. Por tanto, en zona costera es importante determinar estos vientos, pues su persistencia y su carácter de circulación relativamente cerrado hacen que los contaminantes se dispersen dentro de un volumen de aire relativamente limitado.
- **Montañas y laderas:** se produce un efecto similar al de la costa. En las horas centrales del día la cima de la montaña adquiere una temperatura

más elevada que el aire situado a su mismo nivel. lo que ocasiona un calentamiento del aire en contacto con la montaña, originando una brisa del valle hacia la montaña. Por la noche. el enfriamiento más rápido de la montaña será la causa de que la brisa circule en sentido contrario.

- **Efectos urbanos:** las ciudades originan las llamadas islas térmicas, por efecto de las calefacciones y la circulación de vehículos, la temperatura urbana es más elevada que la del campo y de los alrededores, por tanto el aire asciende en el centro de las ciudades y desciende sobre las zonas rurales que lo rodean.
- **Efectos topográficos y de obstáculos:** la existencia de cualquier tipo de obstáculo o simplemente la topografía del terreno, puede inducir turbulencias en las masas de aire. Las distorsiones de flujo del aire alrededor de los obstáculos pueden ser muy diversas, dependiendo del ángulo que formen el eje del obstáculo y la dirección del viento. Cuando ambos son paralelos los efectos son mínimos. mientras que si el ángulo es de 45° se produce la mayor caída del penacho por obstáculos. (Orozco. 2005).

Figura .3
Factores Topográficos



Fuente: Orozco, 2005

1.2.3. Calidad de aire

Consiste en conservar una atmosfera en la cual los contaminantes no tengan un efecto negativo en el ecosistema y en las actividades humanas, es decir la mejor manera de controlar la contaminación del aire es no producir los contaminantes. (Glynn, 1999).

1.2.3.1. Emisión

Es preciso saber cuáles son las emisiones a la atmósfera de los diferentes focos. para poder realizar una correcta gestión de la contaminación atmosférica, es posible conocer con exactitud estas emisiones si son focos de contaminación grandes, pero es dificultoso estimar las emisiones de focos pequeños. No se conocen con certeza las emisiones, por lo que se recurre a estimarlas. Para ello. se toma en cuenta datos disponibles. como cantidad y

naturaleza del combustible quemado. o bien se recurre a valores teóricos. capaces de prever la naturaleza y cantidad de efluentes gaseosos liberados, en función del tipo de industria o actividad. productividad y método de trabajo empleado.

Podemos señalar que los factores de emisión establecidos por la EPA (Environmental Protection Agency) indican que en un proceso de incineración de residuos sólidos se producirá, por tonelada de basura incinerada:

- 1,25 kg de SO₂
- 1,5 kg de NO₂
- 0,75 kg de hidrocarburos
- 14 kg de partículas
- 18 kg de CO
- 11.88 kg de CO₂

También existen factores estimativos de caudales de gases emitidos, así, se establece por ejemplo, que la combustión de petróleo, quemado con un exceso de 15% de aire, genera 11.72 m³ de gases por kg de combustible incinerado.

Estos factores estimativos resultan útiles, por un lado para poder evaluar las emisiones de fuentes en las que se carezca de valores reales, y por otro, para prever la posible acción contaminante de una actividad determinada antes de proceder a su puesta en funcionamiento y tomar las medidas necesarias para que las posibles emisiones cumplan la legislación, es decir, son útiles a la hora de efectuar la evaluación del impacto ambiental que producirá dicha actividad.

No podemos ignorar que los valores de inmisión dependerán de las emisiones, pero también de otros factores tales como la mayor o menor posibilidad de dispersión, la existencia de otros focos emisores, la calidad previa del aire en esa zona geográfica determinada, por lo que se ven sometidos a muchos condicionamientos ajenos al foco emisor. (Tvler, 1994).

Se ha clasificado genéricamente las fuentes de emisión de agentes contaminantes en la tropósfera considerando su localización fija o móvil, así se habla de:

1.2.3.2. Inmisión

Los niveles de inmisión que establece la legislación, debe ser tal que garantice que el aire tenga una calidad aceptable, aunque sabemos que siempre habrá un cierto grado de contaminación. Los valores de inmisión corresponden a la medida de contaminantes en el seno de la atmósfera, en general se miden en mg/m^3 o $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o bien en unidades de volumen/volumen (ppm o ppb). La vigilancia de los mismos debe hacerse en los núcleos urbanos, cobrando especial importancia en aquellos puntos que se encuentren en un entorno próximo o próximo a polígonos industriales.

Las redes de vigilancia tienen como finalidad conocer los niveles de contaminación a los que se ven sometidos los ciudadanos, la naturaleza o el patrimonio histórico – artístico. Los estudios de la OMS, y las investigaciones realizadas sobre vegetación y medio natural, hacen que cada vez los valores admitidos de concentraciones de agentes contaminantes sean menores y consiguientemente ayuden a conservar los ecosistemas vulnerables a variaciones en las concentraciones de gases en la atmósfera. (Tyler, 1994)

Para establecer el número y ubicación de los puntos de muestreo deben tenerse en cuenta diversos aspectos. entre los que cabe destacar los siguientes:

- Existencia de focos emisores, fijos, móviles y difusos.
- Características topográficas y urbanísticas de la zona.
- Características meteorológicas de la zona.
- Datos demográficos.
- Localización de las zonas sensibles.
- Demanda social.

1.2.4. Marco Legal

- **La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (C.M.C.C), firmada en la cumbre de Rio de Janeiro 1992.**

Cumbre de la Tierra, donde se trata principalmente acerca del incremento de los gases efecto invernadero, debido fundamentalmente aun mayor consumo de combustibles fósiles, lo cual afectaría a corto plazo el delicado balance del sistema climático.

El principal objetivo es conseguir la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmosfera, aun nivel que impida interferencias peligrosas en el sistema climático. Este nivel deberá lograrse en un plazo suficiente, para que permitiera que los diferentes ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, y asegurar de este modo que la producción natural de alimentos no sea amenazada.

- **De la Cumbre de Kioto (1997) a la Cumbre de Nueva Delhi (2002).**

Con la intención de llegar a un acuerdo de las limitaciones de emisiones de gases efecto invernadero se celebró la Cumbre de Kyoto (tercera reunión de la Partes de la Convención), participaron 125 ministros de los países presentes.

El resultado más importante de la Cumbre fue la adopción de un protocolo legalmente vinculante que, por primera vez en la historia de la humanidad, establece unos límites a las emisiones de los principales países más prósperos. Treinta y nueve países pertenecientes al Anexo 1 de la C.M.C.C, se comprometen a reducir la cantidad de emisiones durante el periodo 2008-2012, con relación a las emisiones producidas en 1990.

Los países miembros de la Unión Europea reducirán conjuntamente un 8% sus emisiones, igual que Suiza y la mayoría de los países de la Europa Occidental. Estados Unidos se compromete a reducir un 7% sus emisiones (este país ha declarado su no adhesión al Protocolo de Kyoto), mientras que Canadá, Hungría, Polonia y Japón las reducirán un 6%. Otros países como la Federación Rusa, Ucrania y Nueva Zelanda mantendrán las emisiones,

mientras Noruega puede aumentar un 1%, Australia podrá aumentar las hasta un 8%, e Islandia hasta un 10% (COP 3, 1997).

El resto de los países del mundo no asumieron ninguna reducción en las emisiones de gases efecto invernadero, a pesar de que varios países industrializados insistieran en que países en vías de desarrollo adoptaran algún compromiso en la limitación de sus emisiones.

En términos globales, la reducción será del 5,2% al final del primer periodo de compromiso (2008-2012), respecto a las emisiones del año base 1990.

En esta cumbre se debe destacar el papel obstruccionista de las grandes multinacionales de la energía y del automóvil, que se oponen a cualquier reducción obligatoria de las emisiones, y a los cuales hay que atribuirles en gran parte el resultado negativo y nimio de la reducción final acordada en la cumbre de Kyoto, respecto a los niveles de reducciones que incidirían efectivamente en una contención del aumento de concentración de gases efecto invernadero.

Para analizar resultados obtenidos en las acciones tomadas por los países que se han comprometido a reducir las emisiones, se celebran nuevas conferencias como las ya realizadas en 1998 en Buenos Aires (COP4), EN 1999 en Bonn (COP 5), en 2000 en la Haya (COP 6), en 2001 en Bonn (COP 6 segunda parte), 2001 en Marrakesh (COP 7) y en el año 2002 en Nueva Delhi (COP 8), las cuales se resumen en el cuadro .1.

Cuadro .1

Resumen de las diferentes reuniones de las partes de la UNFCCC en el periodo 1997 - 2010

Cumbre	Año	Sede	Compromisos más importantes	Desacuerdos importantes
COP 3	1997	Kyoto	Protocolo de Kyoto	
COP 4	1998	Buenos Aires	Plan de acción de Buenos Aires: - Plazos para alcanzar acuerdos definitivos sobre detalles operativos del protocolo. - Fortalecimiento en la implementación de la UNFCCC.	
COP 5	1999	Bonn	Se impulsara el plan de acción de Buenos Aires.	
COP 6	2000	La Haya		- Cuestiones financieras -Introducción en los mecanismos de desarrollo limpio actividades de forestación y cambio de uso de la tierra.
COP 6*	2001	Bonn	Acuerdos de Bonn	- EE.UU repudia el

				<p>protocolo de Kyoto.</p> <p>- Se posterga la aplicación de los acuerdos de Bonn al COP 7.</p>
COP 7	2001	Marrakesh	<p>- Traspasos de créditos de carbono a periodos de compromiso futuro.</p> <p>- Principios para la introducción de los sumideros en los MDL.</p>	<p>Australia, Japón, Canadá, Nueva Zelanda y la Federación Rusa no se suman en un principio al consenso de los acuerdos de Marrakesh.</p>
COP 8	2002	Nueva Delhi	<p>Declaración sobre el Cambio Climático y el Desarrollo Sostenible.</p> <p>- Se adopta las reglas y procedimientos de los mecanismos de desarrollo limpio.</p> <p>- Desarrollo y erradicación de la pobreza prioridades en los países en desarrollo, responsabilidades comunes pero diferenciadas de las partes.</p>	

COP9	2003	Milán (Italia)	<ul style="list-style-type: none"> - Se lograron avances en los proyectos de forestación y reforestación. - Se propuso armar un inventario de tecnologías existentes. 	
COP 10	2004	Buenos Aires (Argentina)	<ul style="list-style-type: none"> - Acuerdos para avanzar en los futuros límites de emisiones. - Implementación de un sistema mundial de observación del clima. -Avance significativo del programa sobre adaptación y mecanismos de respuesta para enfrentar el cambio climático. 	
	16 de febrero de 2005	Kioto (Japón).	Realización de un evento conmemorativo para celebrar el protocolo con la ratificación de 125 países cuyas emisiones representan el 61,5% de los	

			gases de todo el planeta.	
COP 11	2005	Montreal, Canadá	<p>- Se acordó iniciar discusiones y una serie de talleres para desarrollar acciones para responder al cambio climático.</p> <p>COP/MOP 1 - Se aprobaron los acuerdos de Marrakesh (1997). Se dan por iniciadas las negociaciones por las metas para el segundo período de compromiso (2013-2017). Se permite incorporarse al diálogo a Estados Unidos sin quedar obligado a cumplir con el protocolo. Los temas vinculados a los compromisos de reducción de emisiones y entre ellos el particular problema del castigo a quienes no cumplan deben ser discutidos en el ámbito de la MOP.</p>	
COP 12 y COP/MOP	2006	Senegal	Se ratifican los acuerdos	

2			anteriores.	
Cumbre de Bali COP 13	2007	Bali (Indonesia)	Con la participación de 190 países, uno de los principales acuerdos tiene que ver con la transferencia de las tecnologías limpias.	
COP 14	2008	Poznan (Polonia)	<p>Fondo para la Adaptación en el marco del Protocolo de Kyoto, los programas de trabajo 2009 del GTE-ACL y GTE-PK, y también resultados sobre la transferencia de tecnologías, el Mecanismo para el Desarrollo Limpio (MDL).</p> <p>El foco principal estuvo puesto en la cooperación a largo plazo y el período post 2012, cuando termina el primer período de compromisos del Protocolo de Kyoto.</p>	

COP15	2009	Copenhague		No obtuvo los resultados esperados.
COP 16	2010	Cancún	Restableció rutas hacia una renovación de Kyoto.	

Fuente: Alzamora, Poblete 2012

• **Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire**

Según decreto supremo N° 074-2001-PCM, en su artículo 1° se aprueba el "Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire" el cual consta de 5 títulos, 28 artículos, nueve disposiciones complementarias, tres disposiciones transitorias y 5 anexos, los cuales forman parte del decreto supremo.

Dentro del Título II De los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, en su Capítulo 1 Estándares Primarios de calidad del Aire, en su artículo 4 Estándares Primarios de Calidad del Aire, se considera los niveles de concentración máxima los siguientes contaminantes del aire:

- a) Dióxido de Azufre (SO₂)
- b) Material particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM-10)
- c) Monóxido de Carbono (CO)
- d) Dióxido de Nitrógeno (NO₂)
- e) Ozono (O₃)
- f) Plomo (Pb)
- g) Sulfuro de Hidrogeno (H₂S)

En el artículo 5 del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire del MINAM 2011, nos indica que los estándares de calidad

del aire son establecidos por el reglamento en el cual se aprecian los siguientes valores:

Cuadro.2
Estándares de calidad del aire

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS 1[1]
		VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE mas de una vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	NE más de tres veces al año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo(NDIR) (Método automático)
	1 hora	30000	NE más de una vez al año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo	Anual 2[2]			Método para PM 10 (espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE mas de 4 veces/año	
Sulfuro de Hidrogeno	24 horas			Fluorescencia UV (Método automático)

1[1] método equivalente aprobado

2[2] a determinarse según lo establecido en el artículo 5 del presente reglamento.

Fuente: MINAM, 2011

Cuadro.3
Nuevos Valores de Concentración (*)

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS 1[1]	VIGENCIA
		VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FORMATO		
DIOXIDO DE AZUFRE	24 horas	80	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)	1 enero 2009
	24 horas	20			1 enero 2014
SULFURO DE HIDROGENO (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)	1 enero 2009

(*) Dec. Sup. N° 003-2008- MINAM

Fuente: MINAM, 2011

1.3. CLIMA URBANO

Las ciudades son más agitadas y accidentadas que el campo abierto, de modo que el viento que fluye sobre ellas se hace más turbulento por el contacto con obstáculos como edificios o cables de corriente.

Los materiales de la superficie de las ciudades son muy diferentes del suelo o de la vegetación. Debido a estructuras de concreto, ladrillo o acero.

La vegetación, que en la naturaleza bombea mucha agua a la atmósfera y mantiene equilibrado el ecosistema, está ausente en gran parte de la ciudad.

En la ciudad los balances térmicos y de agua cambian respecto al campo. Los edificios, las calles, los estacionamientos y las plantas industriales de una ciudad tienen propiedades muy distintas en relación con el campo abierto en lo referente a: almacenamiento de calor, almacenamiento de agua, absorción de la radiación solar y todos los componentes del ciclo hidrológico. Las ciudades emiten gran cantidad de calor a la atmósfera proveniente de hornos, automóviles y otras actividades en las que se consumen combustible. (Keating, 1993).

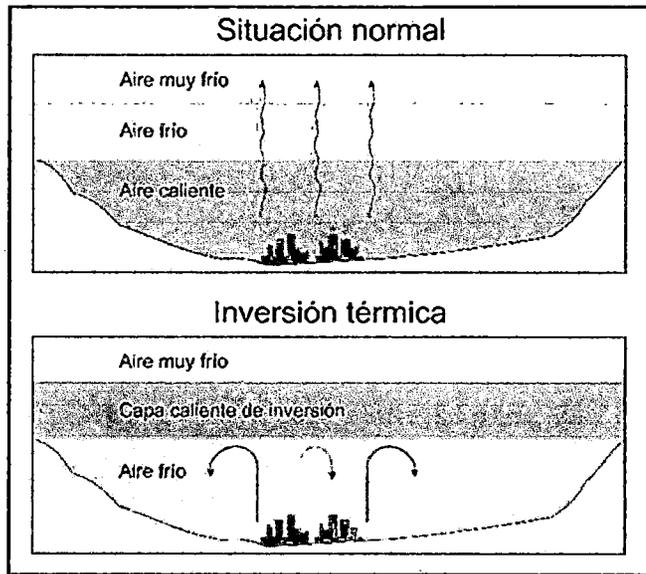
Existe una capa límite modificada sobre las ciudades la cual forma una especie de domo, más alto en el día que por la noche. Durante la noche se puede producir una inversión que atrapa los contaminantes. La mayor parte de la contaminación que se produce en la ciudad permanece en este domo aunque el viento arrastre una parte. Las diversas transferencias de agua y energía se pueden analizar mediante ecuaciones de balance térmico y de agua, es importante resaltar dos puntos generales:

1. En el día como durante la noche existe una fuente adicional de calor en la ciudad, debida al uso de combustible y energía mecánica en edificios y vehículos.
2. Las estructuras de la ciudad tienen alta capacidad de almacenamiento de calor, se calientan en el día cuando el sol las baña, y desprenden el calor durante la noche.

Por lo que la ciudad suele ser más calurosa que el campo, formándose las llamadas *islas térmicas* que se forman con mayor facilidad cuando el tiempo está en calma. Los vientos fuertes tienden a dispersarlas, y con el calor también se llevan los contaminantes. Un día ventoso proporciona a la ciudad un tiempo meteorológico al campo circundante. La interferencia que causan los edificios altos hace que el viento sea más turbulento en la ciudad.

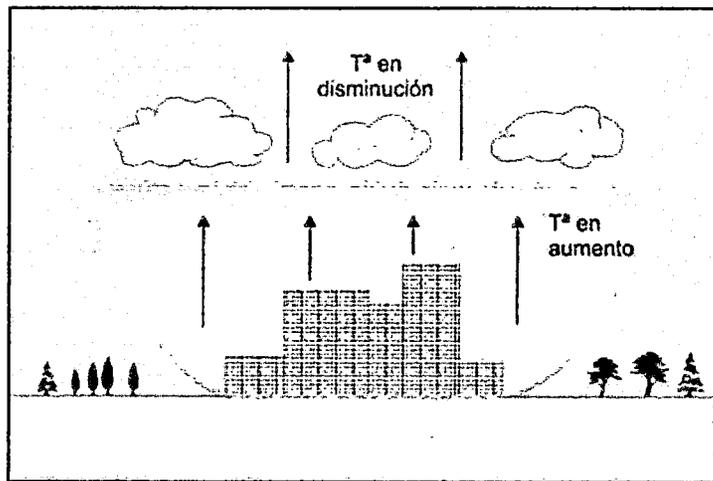
Los obstáculos en las ciudades como los edificios, atrapan el aire sobre el área interior de la ciudad y el mismo permanece en los cañones urbanos. Los contaminantes se acumulan y, si se forma niebla, se combinan con las gotas de agua o los cristales de hielo para formar smog. Cuanto más grande es la ciudad más lo es también la isla térmica. Para los habitantes de la ciudad esto constituye un auténtico cambio climático. Observándose esto en las figuras 4, 5, 6:

Figura .4
Efecto de la inversión térmica



Fuente. <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM2.htm>

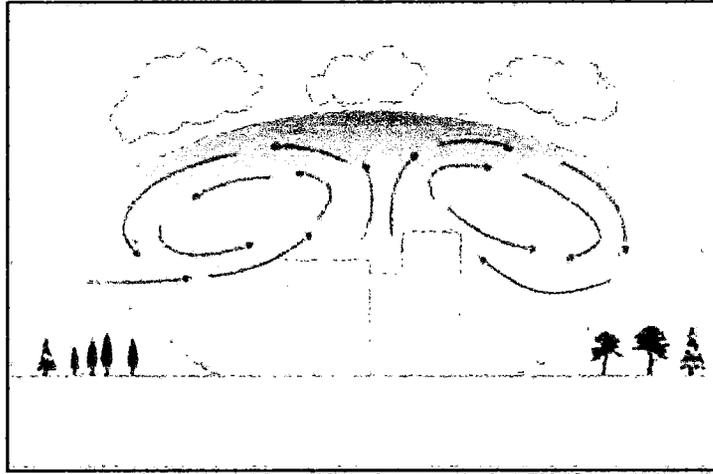
Figura .5
Efecto contaminante de la inversión térmica



Fuente. <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM2.htm>

Figura .6

Efecto de isla de calor



Fuente. <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM2.htm>

1.4. EFECTO INVERNADERO

Se llama Efecto Invernadero al proceso por el que ciertos gases de la atmósfera retienen gran parte de la radiación infrarroja emitida por la Tierra y la reemiten de nuevo a la superficie terrestre calentando la misma. Estos gases han estado presentes en la atmósfera en cantidades muy reducidas durante la mayor parte de la historia de la Tierra.

Aunque la atmósfera seca (volumen) está compuesto prácticamente por nitrógeno (78,1%), oxígeno (20,9%) y argón (0,93%), son gases muy minoritarios en su composición como el dióxido de carbono (0,035%), el ozono y otros. (Keating, 1993).

Actualmente el CO₂ presente en la atmósfera está creciendo de modo no natural por las actividades humanas, principalmente por la combustión de carbón, petróleo y gas natural que está liberando el carbono almacenado en estos combustibles fósiles y la deforestación de la selva tropical que libera el carbono almacenado en los árboles. Por tanto es preciso diferenciar entre el efecto invernadero natural y el originado por la actividad del hombre.

Los gases invernadero permanecen activos en la atmósfera mucho tiempo, por eso se les denomina de larga permanencia. Eso significa que los gases que se emiten hoy permanecerán durante muchas generaciones produciendo el efecto invernadero. Así del CO₂ emitido a la atmósfera: sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años.

La concentración de CO₂ atmosférico se ha incrementado desde la época preindustrial (año 1750) desde un valor de 280 ppm a 379 ppm en 2005. Se estima que 2/3 de las emisiones procedían de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) mientras un 1/3 procede del cambio en la utilización del suelo (Incluida la deforestación). Del total emitido solo el 45% permanece en la atmósfera, sobre el 30% es absorbido por los océanos y el restante 25% pasa a la biosfera terrestre. Por tanto no solo la atmósfera está aumentando su concentración de CO₂, también está ocurriendo en los océanos y en la biosfera. (Orozco, 2005).

1.4.1. Efecto invernadero natural

La radiación solar de longitudes de onda de entre aproximadamente 320 y 700 nm, tiene posibilidad de alcanzar la superficie terrestre, porque los gases componentes de la atmósfera no absorben estas longitudes de onda. La radiación que la tierra refracta al espacio en las horas nocturnas, son de longitud de onda superior a 400 nm, gran parte de estas radiaciones son absorbidas por los gases que componen la atmósfera. Solo aquellas radiaciones pertenecientes a las zonas de alrededor de 800 y 1200 nm consiguen alcanzar el espacio exterior, pues en ellas la absorción de los componentes de la atmósfera es baja. Estas zonas se denominan con frecuencia *ventanas*.

La consecuencia última que se deriva de esta fuerte absorción es un desequilibrio del balance energético entre radiación solar incidente – radiación emitida por la superficie terrestre. Este hecho se traduce en un calentamiento de la atmósfera terrestre, adquiriendo ésta una temperatura más elevada que la

correspondiente. Este fenómeno de incremento de la temperatura por encima de lo normal y el balance energético desequilibrado, es lo que se denomina *efecto invernadero natural* v. para nuestro planeta, se cuantifica en aproximadamente 288 °K en lugar de los 255 ° K, que podríamos esperar caso de no existir el desajuste energético mencionado. (Orozco, 2005).

1.4.2. Efecto invernadero antropogénico

Cualquier alteración de la atmósfera terrestre que implique un aumento de absorción de radiación infrarrojo (800 y 1200 nm), contribuirá a incrementar aún más el desequilibrio energético mencionado y a aumentar por tanto, la temperatura de la atmósfera por encima de los 33 °C, que es la considerada como efecto invernadero natural.

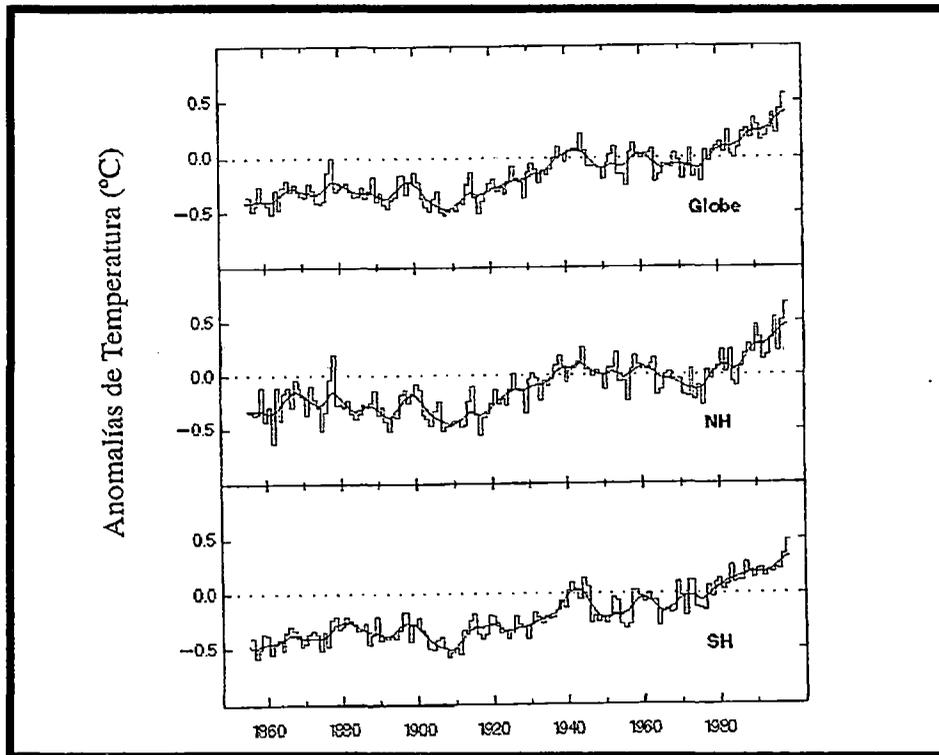
Es incuestionable el aumento de temperatura que se ha producido, en la figura.7 se recoge el incremento de temperatura detectado tanto en el hemisferio norte como en el sur entre los años 1956 y 1998, y se observa una constante tendencia al alza. Existe un acuerdo entre la comunidad científica internacional en atribuir este aumento al incremento de absorción en diferentes zonas, en lo que se conoce como *cierre de ventanas*. (Glynn, 1999).

Este cierre se atribuye a dos tipos de causas:

- La presencia en la atmósfera de componentes naturales de la misma, capaces de acumular sustancias en cantidades inusuales, mayores de las habituales. Entre ellos podemos mencionar el dióxido de carbono, el metano y el monóxido de dinitrogeno.
- Presencia en la atmósfera de sustancias extrañas, ajenas a la composición natural de la misma y capaces así mismo de absorberlas. En este grupo debemos incluir los clorofluorocarbonos (CFC) e hidroc fluorocarbonos (HCFCs), el ozono troposférico (O₃) y otros gases como el hexafluoruro de azufre (SF₆). (Orozco, 2005).

Figura.7

Variaciones de la temperatura global 1856- 1998



Fuente: Orozco, 2005

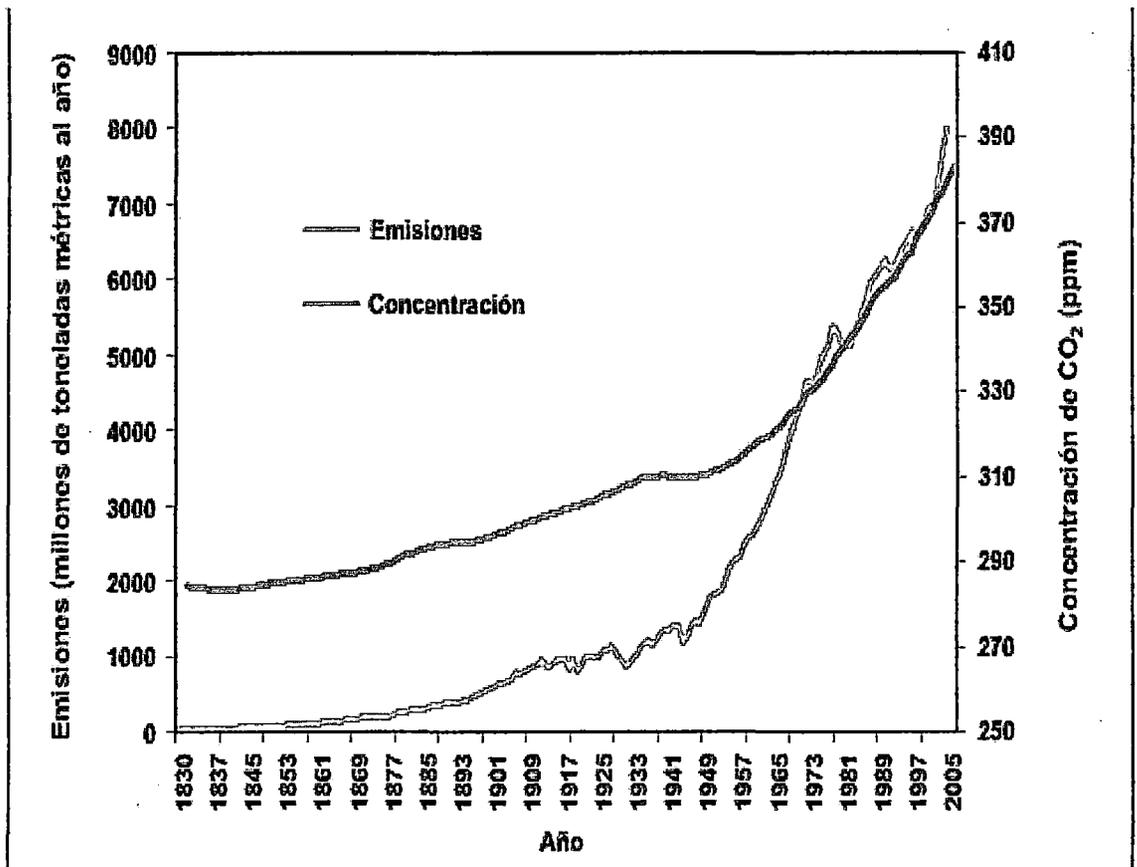
Ambas causas contribuyen al incremento del efecto invernadero, es decir originan el *efecto invernadero antropogénico*. La contribución de los distintos gases a la elevación de la temperatura observada, se distribuye de la siguiente forma: un 50% se debería al incremento del contenido de dióxido de carbono, 18% sería responsabilidad del aumento de metano atmosférico, la presencia de los CFCs y gases semejantes en la atmósfera terrestre ocasionaría un 17%, mientras que los incrementos de ozono troposférico y monóxido de dinitrógeno serían responsables de un 9% y un 6% respectivamente. Sin embargo, a partir de los años 80 la contribución relativa de estos compuestos está cambiando, incrementándose la de CFCs, gases relacionados y la del monóxido de dinitrógeno, mientras que disminuye ligeramente la del metano y la del dióxido de carbono, el ozono permanece prácticamente igual.

1.4.2.1. Incremento de la concentración de componentes naturales

Es evidente que la concentración de sustancias ya señaladas, se está incrementando en la atmósfera, de forma continua. Se comprueba que el incremento de dióxido de carbono y metano ha sido constante. En el año 2000 la concentración de CO₂ fue cercana a 370 ppm y la de CH₄ superó las 1.750 ppb, frente a valores de 315 ppm de CO₂ existentes en 1958 o concentraciones en torno a 700 ppb CH₄, en el siglo XIX. En la figura .8 apreciamos el incremento de la concentración de estos gases desde el siglo XVIII hasta la última década. (Orozco, 2005).

Figura .8

Evolucion de las concentraciones de dióxido de carbono



Fuente: Orozco, 2005

Respecto al monóxido de dinitrógeno, se puede indicar que la observación es semejante. Se calcula que en el año 1700 la concentración era de 285 ppb,

mientras que en 1990 se habían alcanzado 310 ppb. Este incremento representa una reserva de unos 1.500 millones de toneladas de nitrógeno y corresponde a un índice de crecimiento actual de unos 3 - 4,5 millones de toneladas anuales. (Orozco, 2005).

Las causas de estos incrementos son de dos tipos, por un lado han aumentado las emisiones directas de los gases, y por otro, se ha rebajado la tasa de algunas actividades que contribuían a la emisión de estos gases de la atmósfera por ello se tiene:

- Aumento del consumo de carburantes fósiles, lo que implica mayores emisiones de CO₂, rompiendo el equilibrio que a lo largo de millones de años se había establecido en el ciclo del carbono.
- Incendios forestales, que implican un incremento de las cantidades de CO₂ y CH₄.
- Deforestación, lo que supone una menor actividad fotosintética y por tanto una menor tasa de remoción del CO₂ atmosférico.
- Obtención de cantidades importantes de cemento, lo que supone un aumento de las emisiones de CO₂ al convertir la piedra caliza, como se observa en la siguiente reacción.



- Desgasificación de carbón y fugas en explotaciones mineras y en distribución de gas natural, lo que aumenta las emisiones de CH₄.

Se debe mencionar también el vapor de agua. por ser un componente natural de la atmósfera cuya concentración en el aire está experimentado un incremento. Su aumento apenas tiene importancia, pues actúa en dos direcciones opuestas:

- El calentamiento de la atmósfera induce al aumento de la concentración del vapor de agua que es capaz de absorber radiación térmica provocando un calentamiento adicional.

- El hecho de que haya una mayor cantidad de agua en estado de vapor en la atmósfera se traducirá en un incremento de condensación del mismo, con la consiguiente formación de nubes, capaces a su vez de reflejar una mayor cantidad de radiación causando la contribución de agua al efecto invernadero antropogénico. (Enkerlin, 1997).

1.4.2.2. Aporte de sustancias ajenas a la composición de la atmósfera

Nos referimos principalmente a compuestos denominados genéricamente clorofluorocarbonos (CFCs) y otros de comportamiento similar, como son los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), los haloformos, y el hexafluoruro de azufre (SF_6). Todos estos son gases extraños a la composición de la atmósfera, pero actualmente están presentes por emisiones antropogénicas.

Estos gases contribuyen al efecto invernadero y también son responsables de la destrucción de la capa de ozono. Debemos señalar que su presencia en el aire era inexistente hasta el siglo XX, y se ha ido incrementando a partir de los años 60. En la actualidad las medidas políticas tomadas han frenado esta alza y comienza a apreciarse una ligera disminución en las concentraciones de algunos de ellos. (Orozco, 2005).

Otro gas ajeno a la composición de la tropósfera, y cuya presencia está aumentando es el **ozono**, es un contaminante secundario que se forma a causa de la emisión de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos a la atmósfera, por lo que la presencia de ozono en la tropósfera en cantidades crecientes es también un hecho innegable. Hay un factor que actúa como contrapunto al efecto invernadero, es el incremento de la contaminación por partículas, lo que supone una menor posibilidad de llegada de radiación a la superficie terrestre. Sin embargo, aunque este hecho contribuya a paliar en cierta medida el calentamiento global, no es la forma deseable de mitigar, pues la contaminación por partículas tiene su propia problemática.

Se prevé que el incremento de temperatura media de la atmósfera terrestre será la misma, incluso más acusada, caso de no tomarse medidas adecuadas. (Orozco, 2005)

En el cuadro .4 se observa los valores de las emisiones de dióxido de carbono, metano, CFCs realizadas por los países miembros de la OCDE y por otros países del mundo. Si vemos las emisiones per cápita, notamos que el conjunto de los países de la OCDE emiten 6.1 toneladas de gases efecto invernadero, mientras que los países del resto del mundo solo emiten 2.5, a pesar de que las emisiones por unidad de PIB son en general menores en los países con un desarrollo tecnológico alto, que en aquellos a los que se les supone un avance tecnológico menos notable, lo que demuestra la importancia de conseguir una buena eficiencia energética como pauta necesaria para el desarrollo de políticas ambientales adecuadas. Aun así, es evidente que si todos los países del planeta tuvieran unas emisiones semejantes a las de los países de la OCDE el problema del efecto invernadero adquiriría dimensiones inadmisibles. (Orozco, 2005).

Cuadro.4
Emisiones de dióxido de carbono, metano, CFCs por unidad de PBI y
percapita

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DESDE 1980					
PAÍS	DIÓXIDO DE CARBONO (10 ⁶ t)	METANO (10 ⁶ t)	CLOROFLUOROCARBONOS (10 ⁶ t)	POR UNIDAD DE PIB (t)	PER CÁPITA (t)
CANADÁ	126	79	34	608	9,2
ESTADOS UNIDOS	1.443	692	332	558	10,0
JAPÓN	281	26	95	268	3,3
AUSTRALIA	72	90	20	1.035	11,0
NUEVA ZELANDA	7	21	3	1.375	9,3
ALEMANIA	201	56	71	488	4,0
AUSTRIA	17	6	9	457	4,2
BÉLGICA	33	8	12	604	5,3
DINAMARCA	18	6	6	496	5,8
ESPAÑA	60	28	45	709	3,4
FINLANDIA	18	4	6	447	5,5
FRANCIA	106	52	65	395	4,0
GRECIA	24	7	12	1.200	4,2
HOLANDA	51	26	17	705	6,4
IRLANDA	8	8	4	1.037	5,9
ITALIA	113	37	67	465	3,8
NORUEGA	9	26	1	568	8,5
PORTUGAL	11	6	12	1.231	2,8
REINO UNIDO	166	75	67	599	5,4
SUECIA	21	5	6	295	3,8
SUIZA	13	5	10	269	4,0
TURQUÍA	40	23	9	1.132	1,3
PAÍSES OCDE	2.840	1.290	901	516	6,1
RESTO DEL MUNDO	6.400	5.100	1.300	552	2,5

Fuente: OCDE (Organización Cooperación de Desarrollo Económico), 2005

Si se sigue con el modelo de desarrollo actual, sin establecer medida correctora o restrictiva alguna, las emisiones sufrirán un incremento desmesurado en las próximas décadas. lo que tendrían consecuencias graves. Las naciones unidas han impulsado la celebración de diversas convenciones y la firma de convenios encaminados a la disminución de las emisiones de gases efecto invernadero. En este sentido, merece destacar el Protocolo de Kioto, en el que numerosos países adquirieron el compromiso de reducir las emisiones de este tipo de gases. Los porcentajes de reducción que se establecieron fueron variables, atendiendo fundamentalmente al grado de desarrollo país, en general las reducciones implicaban rebajar las emisiones a valores en torno al 92 – 94% de la cantidad emitida en 1990, los gases que se consideraron

fueron: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonados, perfluorocarbonados, hexafluoruro de azufre, cuantificándose las emisiones de todos ellos en dióxido de carbono equivalente. Para conseguir la reducción de las emisiones se propone aplicar y/o seguir elaborando políticas conducentes a promover un desarrollo sostenible. (OCDE, 2005)

1.4.3. Gases de efecto invernadero (GEI)

1.4.3.1. Gases de efecto invernadero de larga vida (GEILV)

Son el CO₂, metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), estos son químicamente estables y persisten en la atmósfera durante décadas, siglos o más, de modo que sus emisiones ejercen su influencia en el clima a largo plazo.

Debido a su larga vida, estos gases se mezclan bien en la atmósfera, mucho más rápido de lo que se eliminan, y los datos de sus concentraciones mundiales se pueden calcular con exactitud en pocas localidades. El dióxido de carbono no tiene un período específico de vida porque está en ciclo continuo con la atmósfera, los océanos y la biósfera terrestre y su eliminación neta de la atmósfera involucra una gama de procesos con escalas de tiempo diferentes. (Seoanez, 1997).

• Dióxido de carbono - CO₂

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, denso y poco reactivo, forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la tierra) actualmente está en una proporción de 350 ppm. Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

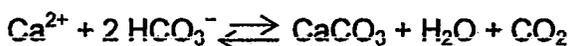
El balance del dióxido de carbono es sumamente complejo por las interacciones que existen entre la reserva atmosférica de este gas, las plantas que lo consumen en el proceso de fotosíntesis y el transferido desde la tropósfera a los océanos. (Enkerlin, 1997).

- Ciclo del dióxido de carbono.

El ciclo del dióxido de carbono comprende, en primer lugar, un ciclo biológico donde se producen intercambios de carbono entre la respiración de los seres vivos y la atmósfera. La retención del carbono se produce a través de la fotosíntesis de las plantas, y la emisión a la atmósfera, a través de la respiración animal y vegetal. Este proceso es relativamente corto y puede renovar el carbono de toda la tierra en 20 años.

En segundo lugar, tenemos un ciclo biogeoquímico más extenso que el biológico y que regula la transferencia entre la atmósfera y los océanos y el suelo (litósfera). El CO₂ emitido a la atmósfera, si supera al contenido en los océanos, ríos, etc., es absorbido con facilidad por el agua, convirtiéndose en ácido carbónico (H₂CO₃). Este ácido débil influye sobre los silicatos que constituyen las rocas y se producen los iones bicarbonato (HCO₃⁻). Los iones bicarbonato son asimilados por los animales acuáticos en la formación de sus tejidos. Una vez que estos seres vivos mueren, quedan depositados en los sedimentos calcáreos de los fondos marinos. Finalmente, el CO₂ vuelve a la atmósfera durante las erupciones volcánicas, al fusionarse en combustión las rocas con los restos de los seres vivos. Los grandes depósitos de piedra caliza en el lecho del océano, así como en depósitos acotados en la superficie son verdaderos reservorios de CO₂.

En efecto, el calcio soluble reacciona con los iones bicarbonato del agua (muy solubles) del siguiente modo:



En algunas ocasiones, la materia orgánica queda sepultada sin producirse el contacto entre ésta y el oxígeno, lo que evita la descomposición aerobia y, a través de la fermentación, provoca la transformación de esta materia en carbón, petróleo y gas natural. (Glynn, 1999).

• Óxido nitroso - N_2O

Al hablar de contaminación atmosférica se emplea la denominación óxidos de nitrógeno (NO_x) para englobar en la misma el monóxido de dinitrógeno y el dióxido de nitrógeno, también denominados "contaminantes del futuro" por qué al presente aún no se conoce bien los recursos técnicos para evitar su formación y hay tendencia a que se incrementen. De todos los posibles óxidos que pueden formar el nitrógeno, en total, siete se encuentran en el aire, pero únicamente son detectados en la atmósfera N_2O , NO y NO_2 , pues el resto son inestables y se disocian, conduciendo a la formación de alguno de los anteriores. Todos ellos tienen características y comportamientos diferentes.

- ✓ *Óxido nitroso, N_2O* , es un gas incoloro, no tóxico y no interviene en procesos fotoquímicos troposféricos.
- ✓ *Óxido nítrico, NO* , es un gas incoloro, tóxico e interviene en procesos fotoquímicos troposféricos a través de los cuales se produce un equilibrio de interconversión entre NO y N_2O .
- ✓ *Dióxido de nitrógeno, NO_2* , es un gas pardo – rojizo, tóxico y que interviene también en procesos fotoquímicos troposféricos. (Seoanez, 1997).

- Fuentes.

El origen del N_2O (monóxido de dinitrógeno u óxido nitroso) proviene en gran medida de fuentes naturales y actividades agrícolas, siendo la principal fuente el suelo, donde hay microorganismos capaces de degradar el nitrógeno proteico hasta nitrógeno y N_2O en los procesos de desnitrificación. El *Óxido nitroso* también tiene un origen antropogénico, siendo los mayores emisores de estos contaminantes el transporte y cualquier otro tipo de procesos en que tengan lugar reacciones de combustión a altas temperaturas.

El distinto origen de los NO_2 y del N_2O , unido al diferente comportamiento en cuanto a procesos fotoquímicos se refiere a que hasta hace relativamente poco tiempo, al hablar de óxidos de nitrógeno no se tuviera en cuenta el *Óxido nitroso*. Actualmente, aunque el término óxidos de nitrógeno se sigue aplicando al NO_2 , se tiende a cuantificar también las emisiones del monóxido de

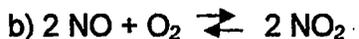
dinitrogeno, lo que viene motivado por su participación en el efecto invernadero. (Orozco, 2005).

- Formación.

La principal actividad humana responsable de la aparición de óxidos de nitrógeno en la atmósfera son los procesos de combustión, en fuentes móviles (transporte) o fijas. En ellos pueden producirse las reacciones que a continuación se señalan, a causa, principalmente, del nitrógeno existente en el aire que se emplea como comburente.



Esta es una reacción altamente endotérmica que solo tiene lugar en extensión apreciable a temperaturas muy elevadas (1.300 – 2.500 °C), como las que se generan en los procesos de combustión.



En cambio esta reacción no tiene lugar en extensión importante en las condiciones de combustión ordinarias, debido a la inestabilidad del NO_2 a temperaturas elevadas. De hecho, a 150 °C comienza a descomponerse en NO y O_2 y a 600 °C la descomposición es prácticamente completa. Además, la velocidad de esta segunda reacción es muy pequeña a temperaturas bajas, así, a 20 °C, si la concentración de NO es del orden de 12.500 mg/Nm^3 , tarda en torno a 3,6 minutos en oxidarse en un 90%, pero si la concentración es de $1,25 \text{ mg/Nm}^3$, el tiempo necesario para llegar a este porcentaje de oxidación es del orden de 648 horas, y en 24 horas solo se consigue una oxidación del 25%.

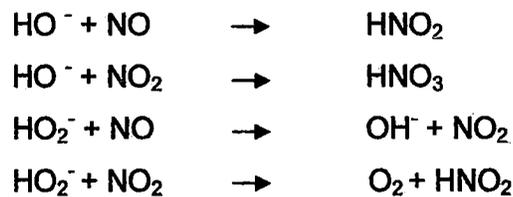
Podría ser interesante emplear temperaturas bajas de combustión para evitar la formación de óxidos de nitrógeno y utilizar mezclas ricas en combustible, sin embargo esta última propuesta conduciría a altos valores de CO e hidrocarburos por ineficiencia de la combustión, por lo que las investigaciones se orientan a operar en condiciones de formación de mínimo CO y eliminar o minimizar, la formación de los óxidos de nitrógeno recurriendo a controles de la temperatura de combustión. (Tyler, 1994)

- **Evolución de los N₂O en la atmósfera.**

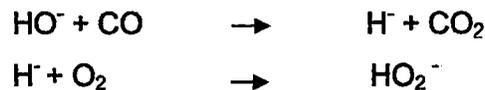
✓ **Oxidación atmosférica**

Los NO₂ emitidos a la atmósfera evolucionan de forma compleja, siguiendo mecanismos determinados, a través de procesos como la química diurna y la nocturna, pues la diferente concentración en horas solares o nocturnas determina los mecanismos de reacción.

La **química diurna** transcurre fundamentalmente a través de los radicales hidroxilo e hidroperoxilo, y constituye una vía secundaria de evolución de los óxidos de nitrógeno, ya que sus velocidades de reacción son menores que las del ciclo fotolítico.



La presencia de monóxido de carbono como contaminante, sobre todo en atmósferas urbanas, es una fuente adicional de radicales hidroperoxilo.



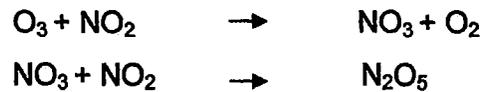
El ácido nitroso formado se puede disociar y comenzar de nuevo la cadena de reacciones.



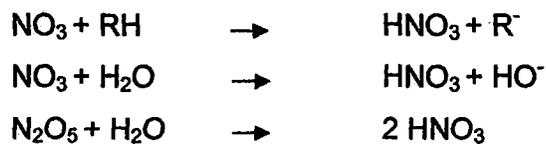
La posible existencia de hidrocarburos en la tropósfera introduce procesos alternativos en la evolución de los óxidos de nitrógeno.

La **química nocturna** se inicia por la presencia de un agente oxidante como el ozono, capaz de oxidar en un primer paso al dióxido de nitrógeno hasta trióxido. La reacción transcurre a través de la formación de diferentes óxidos de

nitrógeno, lo que únicamente es posible en ausencia de radiación solar, pues el trióxido de nitrógeno sufre con facilidad reacciones fotolíticas, por lo que su concentración solo es apreciable durante la noche.



La consecuencia final de estas oxidaciones es la formación de ácido nítrico, presente en las neblinas ácidas de las primeras horas del día, el cual posteriormente sufre una deposición en forma de lluvia ácida o de nitratos, originados por reacciones con partículas de metales o amoníaco presentes en la atmosfera.



✓ Eliminación por el suelo

También en el caso de los óxidos de nitrógeno el suelo puede actuar como sumidero de los mismos, dependiendo la tasa de absorción de la naturaleza del suelo. (Glynn, 1999).

- Efectos

La toxicidad de los NO_x en sí mismo no es elevada; el NO es menos tóxico que el NO_2 ; en ambientes cerrados, pueden alcanzarse niveles tales que lleguen a originar irritación ocular y respiratoria, el umbral para el cual se detecta dichas irritaciones es de 13 ppm de NO_2 , si la tasa se incrementa es posible que lleguen a provocarse problemas respiratorios que pueden desembocar en edemas pulmonares y la muerte en caso extremo, se consideran concentraciones letales para la mayor parte de los animales aquellas superiores a 100 ppm de NO_2 . (Rivero, 1993).

Entre los efectos más importantes están: los derivados, la formación del llamado **smog fotoquímico o seco**, lluvia ácida, así como la destrucción de la capa de ozono. (Orozco, 2005)

1.4.3.2. Gases de efecto invernadero de corta vida (GEICV)

Como dióxido de azufre y monóxido de carbono son químicamente reactivos y se eliminan por lo general mediante procesos naturales de oxidación en la atmósfera. Por eso sus concentraciones son muy variables. El ozono es un gas de efecto invernadero importante que se forma y destruye por reacciones químicas que implican a otras especies en la atmósfera. En la tropósfera, el ser humano influye sobre el ozono principalmente mediante cambios en los gases precursores que conducen a su formación, mientras que en la estratósfera, el ser humano influye principalmente a través de cambios en las tasas de eliminación del ozono causados por los clorofluorocarbonos (CFC) y otras sustancias que eliminan el ozono. (Enkerlin, 1997).

• Dióxido de azufre - SO₂

Se emite en mayor cantidad hacia la atmósfera al que acompaña por lo común una pequeña cantidad (1-2%) de SO₃, sin embargo, este último no se encuentra generalmente en la atmósfera, debido a que reacciona rápidamente con la humedad, convirtiéndose en ácido sulfúrico.

Las concentraciones de SO₂ en un área geográfica determinada, resultan, de emisiones sujetas a poca dispersión. Las mediciones citadinas dan valores altos, evidenciando así su comportamiento en función de la atmósfera enrarecida de las ciudades. Las fluctuaciones de concentración están relacionadas a factores climáticos como temperatura, estado higrométrico, horas diurnas y nocturnas, épocas de invierno o verano.

En zonas de abundante vegetación, este gas se enriquece en épocas en las cuales la biomasa vegetal es fotosintéticamente poco activa. Esto demuestra el efecto purificador de la actividad fotosintética y por consiguiente la importancia

de zonas con vegetación abundante, como medio adecuado en la batalla contra la contaminación. (Enkerlin, 1997).

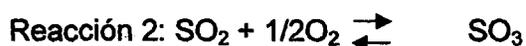
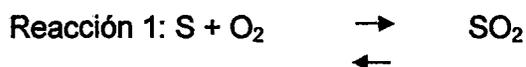
- Fuentes.

Las emisiones naturales constituyen poco más del 50% totales de SO₂. Proviene principalmente de la oxidación del sulfuro de hidrógeno (H₂S) originado por la degradación anaerobia de la materia orgánica de pantanos, lodazales, océanos, fuentes biológicas terrestres.

En cuanto a las emisiones antropogénicas, debemos señalar que están originadas fundamentalmente por la combustión de carburantes que contienen azufre, siendo los principales focos de combustión estacionaria, plantas termoeléctricas de producción de energía, focos industriales de combustión o calefacción doméstica, combustión de materiales energéticos como carbón y aceites minerales. Estos combustibles contienen una porción considerable de azufre en su constitución, pudiendo elevarse hasta un 6%. Al combustionar se libera a la atmósfera en forma de SO₂ y SO₃ en menor proporción. (Tyler, 1994).

- Formación.

La combustión de cualquier sustancia que posea azufre producirá SO₂ y SO₃. La cantidad de dióxido de azufre formada será siempre muy superior a la de trióxido, independientemente de la cantidad de oxígeno presente, al contrario de lo que sucedía en la combustión del carbono, aunque, lógicamente, el porcentaje puede variar según sea la temperatura y las condiciones de combustión. El mecanismo simplificado de formación de ambos óxidos se basa en las dos reacciones siguientes:



A temperaturas elevadas el trióxido de azufre es inestable, lo que se traduce en que el equilibrio, en caso de la segunda reacción, está muy desplazado

hacia el dióxido de azufre y el oxígeno en dichas condiciones. Este desplazamiento se hace mucho más notorio, incluso a temperaturas bajas, si en el medio existe algún metal, aunque sea a niveles de traza, que pueda actuar como catalizador, cosa que es frecuente en muchos de los carbones. Podría pensarse que el descenso de temperatura que sufren los gases cuando abandonan la zona de combustión provocaría un aumento de la oxidación del dióxido de azufre a trióxido, sin embargo, esto no tiene lugar debido a la baja tasa de reacción. Todo ello se traduce en la menor presencia de trióxido de azufre en los gases de emisión. (Glynn, 1999).

- Evolución en la atmósfera.

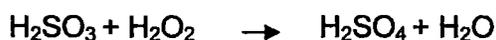
El SO₂ emitido a la atmósfera sufre en pocas horas una oxidación paulatina a SO₃. El hecho de que esta transformación no precise demasiado tiempo, induce a la conclusión de que la oxidación atmosférica del SO₂ debe transcurrir a través de procesos de naturaleza catalítica o fotoquímica, sea uno u otro el mecanismo de oxidación. El resultado final es la aparición de ácido sulfúrico, debido a la reacción del SO₃ con el vapor del agua, y de sulfatos de amonio y distintos metales por reacción con partículas existentes en la atmósfera. Debido al aspecto de niebla que adquiere el aire en estas circunstancias, esta contaminación se conoce con el nombre de **smog húmedo**.

Los procesos a través de los cuales parece transcurrir la oxidación del dióxido de azufre pueden ser múltiples y existen gran cantidad de estudios acerca de los mismos, los siguientes son algunos de ellos:

✓ *Procesos de oxidación heterogénea del SO₂.*

Pueden ocurrir en fase acuosa en las superficies de las gotas de agua debido a la alta solubilidad de SO₂, o bien en la superficie de partículas. En estos procesos de oxidación pueden actuar como agentes oxidantes el oxígeno (las reacciones a su vez pueden estar o no catalizadas) o agentes oxidantes fuertes como el ozono y el peróxido de hidrógeno.

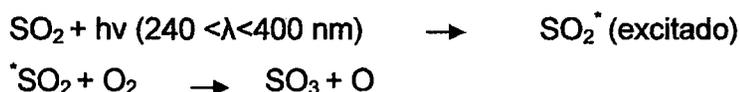




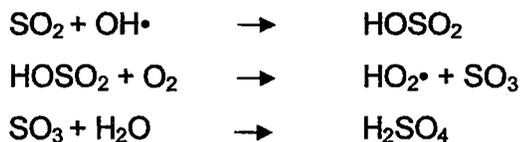
✓ **Procesos de oxidación homogénea del SO₂.**

Podemos a su vez distinguir entre los que se producen por fotooxidación directa del SO₂ previa excitación de sus moléculas, y los que tienen lugar por acción de moléculas tales como el radical hidroxilo.

Fotooxidación directa:



Acción de agentes oxidantes:



Fuente: Orozco, 2005

- Efectos de los óxidos de azufre.

Los principales efectos de los óxidos de azufre serán los derivados de su transformación en agentes causantes de lluvia ácida y causando también problemas sobre los ecosistemas. Así podemos afirmar que exposiciones, durante periodos cortos y a elevadas concentraciones, pueden originar en las plantas muerte en las hojas. Igualmente, aunque las concentraciones no sean elevadas, si el periodo de exposición es largo pueden originarse lesiones crónicas sobre las hojas de las plantas. Los daños dependen de las especies vegetales a la cual tratamos e incluso de otras condiciones ambientales, tales como la humedad y la temperatura o el nivel de nutrientes, pero el umbral de concentraciones al que comienzan a detectarse daños es bajo. La última directiva de niveles de dióxido de azufre de la Unión Europea establece el valor límite de 20 µgSO₂/m³ para protección de ecosistemas.

También sobre los animales y el hombre ejercen efectos nocivos, principalmente irritaciones en los ojos y del sistema respiratorio, aunque estos daños solo se hacen patentes a concentraciones bastante mayores que en el caso de las plantas. Así, la misma directiva antes mencionada establece unos límites para protección humana de $350 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ en una hora o $125 \mu\text{gSO}_2/\text{m}^3$ en 24 horas. (Orozco, 2005).

• **Sulfuro de hidrógeno - H₂S**

Es un gas altamente tóxico de olor desagradable, incoloro, su bajo peso molecular lo hace sumamente volátil, capaz de escapar de soluciones y pasar a la atmósfera en grandes concentraciones, es el único de los sulfuros que esta disuelto en el drenaje.

El transporte de H₂S a la atmósfera depende de las concentraciones de éste en el aire y en el flujo, esta última limitada por una serie de condiciones ambientales, como: su solubilidad moderada, bajo peso molecular, y en mayor grado por el pH del drenaje. (Enkerlín, 1997).

- **Fuentes.**

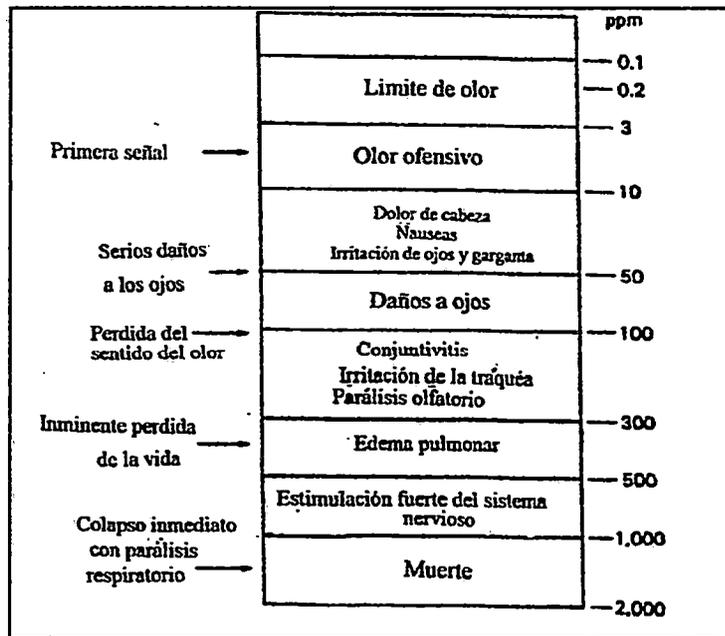
Su fuente principal son los drenajes, pantanos, aguas estancadas, etc.

- **Efectos del H₂S.**

El H₂S es un gas sumamente tóxico su olor representa la primera señal de advertencia ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para todas aquellas personas que trabajan en los sistemas de drenaje, su exposición de unos minutos a este gas puede causar dolores de cabeza, náuseas, irritación en los ojos ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). (DIGESA, 2005)

A una concentración de 0.2% en el aire puede ser fatal y a 4.3 a 45.5% puede ser explosivo.

Figura .9
Espectro de toxicidad del H₂S



Fuente: Orozco, 2005

1.5. BIOENSAYO

Proceso experimental mediante el cual se determinan las características y la fuerza de una sustancia potencialmente tóxica o de un desecho metabolito, a través del estudio de sus efectos sobre organismos cuidadosamente seleccionados bajo condiciones específicas de laboratorio. (Mata y Quevedo 1998).

• Especímenes acuáticos seleccionados

a) *Orestias Agassi* (Chiñichalwa).

Las especies del género *Orestias* son pequeños pececillos, de un color cobre dorado, endémicas de lagos y laguna altoandinas y sus tributarios, de Perú, Chile y Bolivia. Comúnmente se les conoce como carachis, Chiñichalwa, las poblaciones se encuentran en las acequias o canales de los manantiales de

Saylla, Huasao y andahuaylillas. (Loayza y Sociedad Protectora de la Naturaleza, 2005).

Posición sistemática:

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Cyprinodontidae

Género: Orestias

Especie: O. agassii

b) *Trichomycterus incae* (wita, bagres, suches)

Silurido que puede alcanzar hasta 15 cm. de longitud y un promedio de 10 cm, se encuentra localizada en la cabecera del río Huatanay, habiéndose confirmado su presencia en los riachuelos de Huancaro, Chocco, Kayra, Joctupuquio y Lucre, cada vez es más crítica su supervivencia debido a la expansión urbana y al consiguiente deterioro de los cursos de agua por el vertido de desperdicios y aguas servidas, así como el desvío de los cursos de agua con fines agrícolas que secan los cauces y provocan la muerte masiva de estos peces. (Loayza y Sociedad Protectora de la Naturaleza, 2005).

Posición sistemática:

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Siluriformes

Familia: Trichomycteridae

Género: Trichomycterus

Especie: T. incae

En el cuadro .5 se observan las características morfológicas de los especímenes utilizados para el bioensayo.

Cuadro.5
Características Morfológicas

Características Morfológicas	<i>Orestia agassii</i>	<i>Trichomycterus incae</i>
Boca	Punteaguda	Pequeña y redondeada
Dientes	Agudos y pequeños	Agudos y pequeños
Musculatura	Dura	Dura
Abdomen	Duro	Duro
Ancho de cuerpo	Angosta	Ancha
Forma del cuerpo	Delgada	Dorso ventralmente achatado

Fuente: Alzamora, Poblete. 2012

CAPITULO II

ÁREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN

2.1.1. Política

La cuenca atmosférica del Valle del Cusco se encuentra en el departamento del Cusco, abarca las provincias de: Quispicanchi (Andahuaylillas, Lucre y Oropesa) y Cusco (San Jerónimo, San Sebastián, Cusco y Poroy).

Límites:

- Por el Norte: Urubamba y Calca
- Por el Sur: Paruro
- Por el Oeste: Anta
- Por el Este: Urcos - Quispicanchi

2.1.2. Geográfica

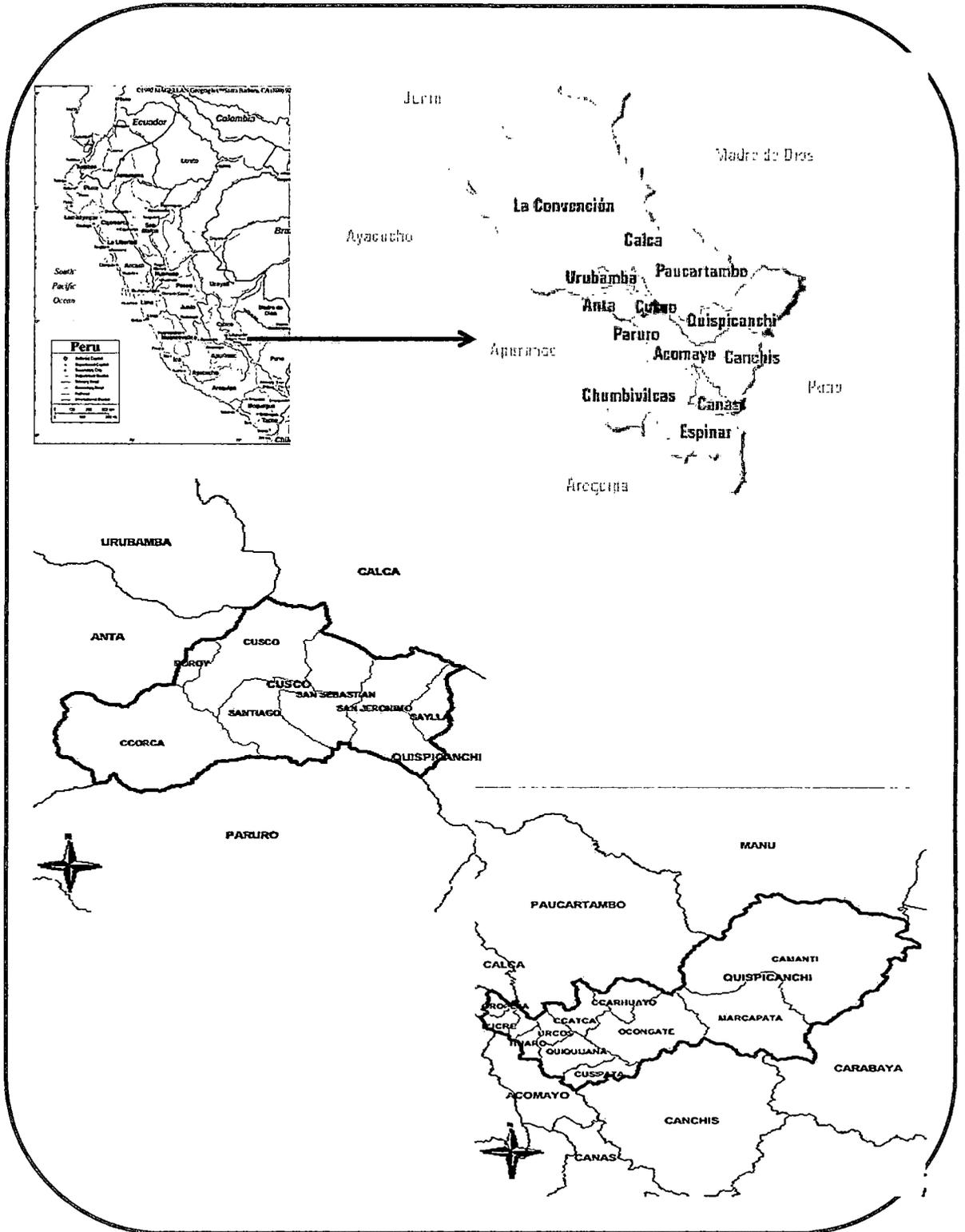
La cuenca atmosférica del valle del Cusco, se encuentra ubicada en la zona central y sur oriental del Perú. Ocupa gran parte del nudo orográfico del Vilcanota. La altitud media de la subcuenca del Huatanay es 3954 msnm, su altura máxima es 4850 msnm y la altura mínima es de 3040 msnm, con un área aproximada de 512.18 km².

Su posición geográfica está comprendida a partir de las coordenadas:

- Latitud Sur 13° 26' 44'' hasta 13° 42' 19''
- Longitud Oeste 71° 41' 23'' hasta 72° 01' 20''

Figura .10

Mapa de la Cuenca Atmosférica del Valle del Cusco



Fuente: INEI 2011

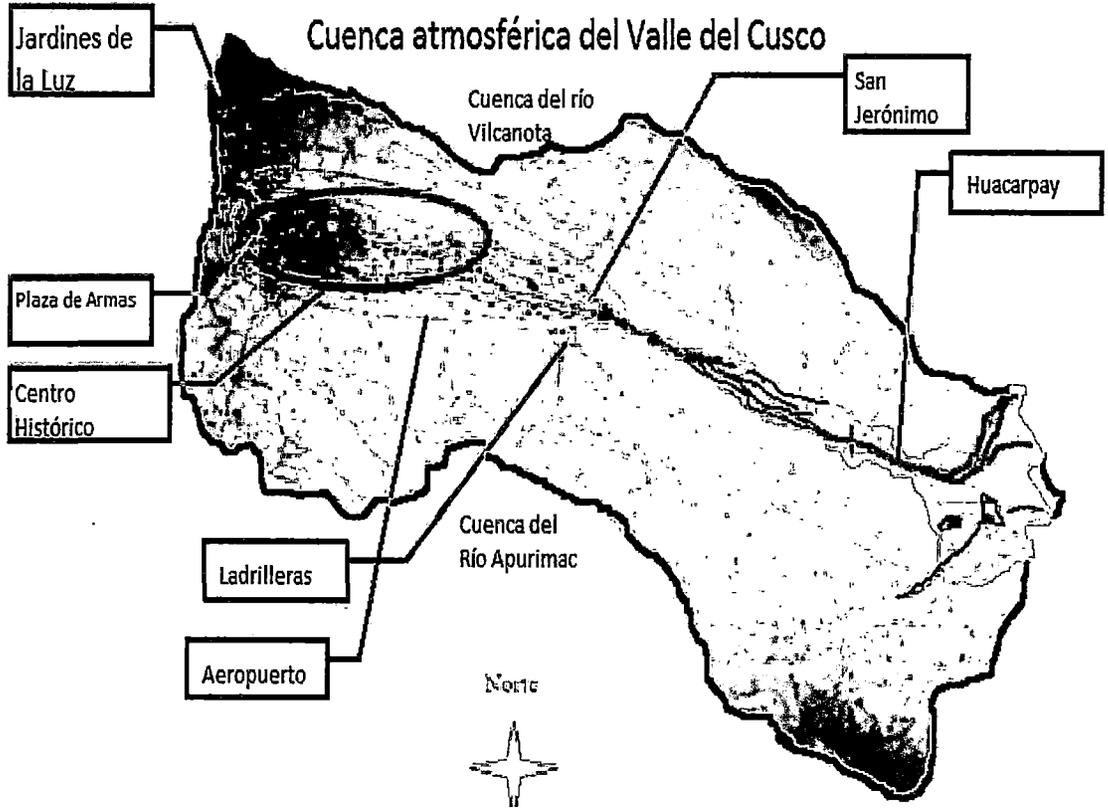
2.2. CUENCA ATMOSFÉRICA DEL VALLE DEL CUSCO

Tiene 512.18 km² de área y 31 km de largo, delimitada por la subcuenca del río Huatanay, empieza en las cumbres de los montes Sencca y Ulluchani, a 4514 y 4437 msnm respectivamente en el norte, y termina en el punto en el que el río Huatanay se encuentra con el río Vilcanota en el Sur. Se divide en dos zonas, la del Cusco y la de Oropesa. La primera más ancha e importante, tiene 13.5 km de largo y se despliega entre el inicio del valle y la localidad de Angostura, donde se estrecha para formar un callejón de 250 m de ancho y 2 km de largo y desembocar en el segundo punto, esta tiene 15.5 km de largo y comprende desde el citado poblado hasta la laguna de Huaton, al final de valle, en el sitio denominado Rumicolca.

El valle está delimitado por dos sucesiones de montañas que se alinean a uno y otro lado del cauce del Huatanay, entre los que resaltan, por la margen derecha: Senca, Corcor, Apuyavira, Mama Simona, Quilque, Puquin, Molle orco, Anahuarque, Huanacaure, Sacara, Mutuy y Rumicolca y por la margen izquierda: Ulluchani, Fortaleza, Pucro, Catunga, Sequeracay, Corao, Pícol, Atascasa, Pachatusan, Pinagua y Piquillacta. (Choquehuanca, 1996)

Figura .11

Cuenca Atmosférica



Fuente: Informe de la Vigilancia y Monitoreo de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de la Ciudad del Cusco de la Dirección Regional de Salud Cusco, Dirección Ejecutiva de Salud Comunitaria, Dirección de Salud Ambiental de octubre, 2006

2.3. CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

2.3.1. Geomorfología

Desde el punto de vista de la Geología, la cuenca está caracterizada por la presencia de pliegues y fallas. Resalta el Anticlinal Saylla – Oropesa de dirección NO-SE, que afecta a rocas del Grupo Yuncaypata, la formación Quillque – Chilca y al Grupo San Jerónimo en la margen derecha del valle. Al Norte de Saylla, en la margen izquierda, se tiene otro Anticlinal de dirección NO-SE afectando al Grupo Mitu y las formaciones Huambutío y Huancane. El flanco sur del anticlinal está afectado por fallas.

El valle del Cusco es interpretado como haberse desarrollado sobre una falla que separa dos dominios de afloramientos a ambas márgenes. Esta estructura es la prolongación SE de la falla de Tambomachay. Sin embargo entre Cusco y Angostura se interpreta la existencia de la Falla Cusco que tiene mucho que ver con la evolución cuaternaria de la sub cuenca de Huatanay. Otras fallas importantes se tienen al norte de Saylla y Oropesa, las que controlaron el emplazamiento de cuerpos volcánicos cuaternarios y también la actividad tectónica reciente, que son generadoras de sismos

a. Geología.

Se observan voluminosas formaciones arcillosas y arenosas pertenecientes al Paleozoico, intercaladas localmente por otros tipos de rocas y edades. Todo este substrato rocoso aparece cubierto de manera heterogénea por formaciones de relleno cuaternario aluvial, coluvial, fluvio-glacial y glacial. La relativa simplicidad litológica contrasta con la marcada complejidad de sus estructuras, teniendo en cuenta las severas deformaciones estructurales sufridas por la cordillera oriental a lo largo de los procesos tectónicos ocurridos durante las orogenias hercynica y andina.

La estratigrafía del paleozoico está representada ampliamente por dos formaciones, mayormente arcillosas: las formaciones Urcos y Ccatcca. La formación Urcos es la más antigua, y la formación Ccatcca le sigue como

una sedimentación concordante que descansa estratigráficamente sobre Úrcos.

b. Orografía.

El Valle de Cusco se localiza por el medio-oeste de los Andes, hasta lo que es conocido como el "Nodo del Vilcanota". Las montañas alrededor de él contienen principalmente piedras sedimentarias. Hay una formación de la caliza importante. Entre las montañas más importantes la ciudad de Cusco nombrados en el sentido de las agujas del reloj es: Saqsaywaman lateral norteño, Pukamoqo, Socorro y Senqa (4400 m.) y la Fortaleza (4193 m.). Hacia el oriente Pikol (4482 m.) y Pachatusan (4842 m.). Hacia el Sudeste están los Machu Loma, Wanakauri mitológico (4080 m.); al sur está el Anawarque (4050 m.), Qachona, Choqo, Araja, Muyu-Orqo y Condoroma, al sudoeste se encuentra; Pukín, Waman Charpa y Mamá Simona (4300 m.). Dominando el lado occidental están el K'illki y Picchu (3820m.). En la Región de Cusco hay también algunas cadenas de montañas muy importantes, destacando la Cordillera (Rango de Montañas) de Vilcanota hacia el este de la ciudad y la cresta más alta del Ausangate a más de 6372 m.; la Cordillera de Urubamba hacia el noroeste con la Verónica a más de 5682 m. y la Cordillera de Vilcabamba hacia el oeste y la cúspide más alta del Salkantay a 6271 m. (Carlotto, 2005)

2.3.2. Clima

La temperatura del valle del Cuso varía mucho de acuerdo al día y la noche, y estacionalmente se halla bajo la influencia macro-climática del Altiplano e incluso de la lejana región de la Patagonia. Los vientos del sur de la selva arrastran inmensas masas de aire cargadas de humedad, que son impulsadas por los vientos alisios del oriente.

Los vientos locales se generan en los valles y en las llanuras del Cusco y tienen la función de distribuir calor y humedad a lo largo del día.

De manera general se distinguen dos estaciones climáticas: la estación de lluvias, de noviembre a marzo y la estación de seco, de abril a octubre.

• **Temperatura**

De día se puede alcanzar una temperatura máxima promedio de 21.4°C y de noche la temperatura mínimo promedio es de 3.9°C, la temperatura promedio durante las 24 horas del día se puede establecer en 12.6°C. Los meses más fríos del año son Junio y Julio, donde se registra la temperatura mínima de -1°C, los meses más calurosos son Octubre y Noviembre con 22.9°C de temperatura promedio durante las 24 horas del día.(SENAMHI,2011).

• **Precipitación**

La precipitación anual media en la cuenca atmosférica del valle de Cusco está, entre 684 – 701 mm por año, la precipitación anual mínima es de 4 mm por año y la precipitación máxima es de 156.5 mm por año. Se puede observar en el cuadro .6 el promedio de la temperatura y precipitación en la cuenca atmosférica del valle de Cusco de los últimos 10 años, cuyos datos fueron proporcionados por la estación meteorológica de la UNSAAC.

Cuadro.6

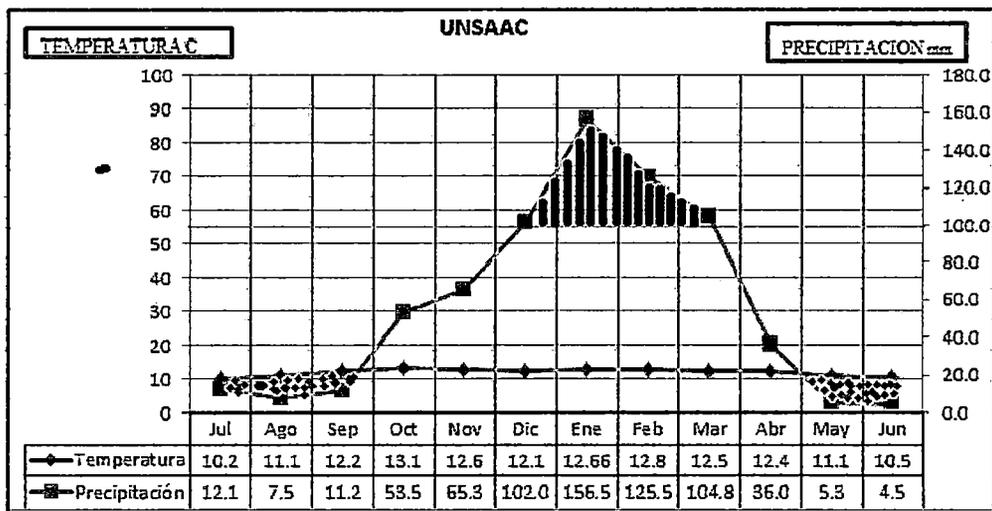
Promedios de Temperatura y Precipitación Estación Meteorológica de la UNSAAC (2002-2011)

Meses	Temperatura °C	Precipitación mm
Jul	10.2	12.1
Ago	11.1	7.5
Sep	12.2	11.2
Oct	13.1	53.5
Nov	12.6	65.3
Dic	12.1	102.0
Ene	12.66	156.5
Feb	12.8	125.5
Mar	12.5	104.8
Abr	12.4	36.0
May	11.1	5.3
Jun	10.5	4.5
Promedio	11.9	
Sumatoria		684

Fuente: Elaborado en base a datos de UNSAAC

Figura .12

Climatodiagrama de la Provincia del Cusco – UNSAAC (2002-2011)



Fuente: Elaborado en base a datos de UNSAAC

Como se observa en el climatodiagrama, los meses de Mayo a Septiembre corresponden a la época seca, de Octubre a Abril la época húmeda y de Diciembre a Marzo a la época per húmeda.

En la cuadro.7 se observa el promedio de temperatura y precipitación en la cuenca atmosférica del valle de Cusco, cuyos datos fueron proporcionados por la estación meteorológica Granja Kayra – SENAMHI (2002-2011).

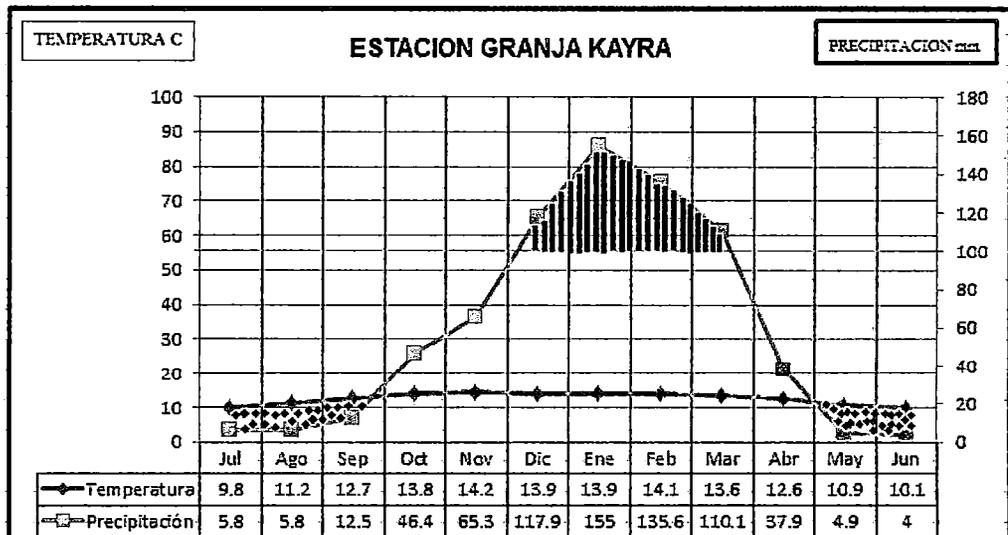
Cuadro.7
Promedios de Temperatura y Precipitación Estación Meteorológica -
Granja Kayra (2002-2011)

Meses	Temperatura °C	Precipitación mm
Jul	9.8	5.8
Ago	11.2	5.8
Sep	12.7	12.5
Oct	13.8	46.4
Nov	14.2	65.3
Dic	13.9	117.9
Ene	13.9	155.03
Feb	14.1	135.6
Mar	13.6	110.1
Abr	12.6	37.9
May	10.9	4.9
Jun	10.1	4
Promedio	12.6	
Sumatoria		701

Fuente: Elaborado en base a datos de SENAMHI

Figura .13

Climatodiagrama de la Provincia del Cusco – Granja Kayra (2002-2011)



Fuente: Elaborado en base a datos de SENAMHI

Como se observa en el climatodiagrama, los meses de Mayo a Septiembre corresponden a la época seca, de Octubre a Abril la época húmeda y de Diciembre a Marzo a la época per húmeda.

2.3.3. Ecología

• Zonas de vida

Siguiendo la clasificación propuesta por Holdridge, para el valle del Cusco, se puede determinar tres Zonas de Vida Natural

- Bosque húmedo MONTANO BAJO SUB TROPICAL (bh-MBS)

Zona comprendida entre los 3450 y 3900 m. de altitud la mayor precipitación se presenta entre los meses de Setiembre a Abril, naturalmente que en zonas limitantes al páramo las especies arbóreas están menos presentes, considerándose que la línea ecotónica está compuesta por gramíneas, herbáceas postradas, entre las que se puede mencionar: *Festuca*, *ortophylla*, *Festuca rigescens*, *Muhlenbergia fastigiata*, *Muhlenbergia ligularis*, *Hypochoeris taraxacoides*, *Escallonia resinosa*, *Bluddleja coriacea*, *Senna versicolor*, *Mutisia acuminata*,

Mutisia cochabambensis, *Barnadesia horrida*, *Gamochaeta americana*, *Calceolaria engleriana*, *Calceolaria myriophylla* y *Calceolaria sparsiflora*.

- Bosque seco MONTANO BAJO SUB TROPICAL (bs-MBS)

Zona comprendida entre 2500 y 3200 m. de altitud presenta una precipitación anual entre 500 y 1000mm. Un indicador vegetal muy significativo en esta zona de vida es la "retama" (*Spartium junceum*), *Agave americana*, *Prunus serotina*, *Dodonaea viscosa*, *Schinus molle*, *Salix humboldtiana*, *Baccharis latifolia*, *Colletia spinosissima*, *Tecota stans* var. *sambucifolia*, *Adesmia miraflorensis*, *Argemone subfuciformis*, *Nicotiana raimondii*, *Grindelia boliviana*, *Austrocylindropuntia subulata*, *Ephedra americana*, *Berberis boliviana*, *Echinopsis cuzcoensis*, *Furcraea andina*, *Puya ferruginea*. y *Caesalpinia spinosa*.

- Páramo muy húmedo SUBANDINO SUBTROPICAL (ph – SaS)

Zona comprendida entre los 3900 a 4500 m. de altitud la precipitación oscila entre 500 y 1100mm. La vegetación natural está conformada por los pastos naturales altoandinos llamados pajonales de puna como las especies: *Jarava ichu*, *Alchemilla pinnata*, *Taraxacum officinalis*, *Aristida adscencionis*, *Festuca dolichophylla*, *Perezia multiflora*, *Aciachne pulvinata*, *Cajophora pentlandii*, *Werneria nubigena*, *Poa annua* y *Gentianella umbellata*. (Molleapaza, 2005).

• Flora

Presencia de pastos naturales alto andinos entre los 3500 a 4200 msnm, constituidos principalmente por las especies de la familia *Gramináceae* como *Stipa sp*, *Calamagrostis sp*, *Festuca sp*, *Poa sp*, etc.

Entre los 2500 y 3500 msnm se encuentra especies arbustivas y herbáceas como: *Baccharis sp*, *Berberis sp*, *Abutilum sp*, *Carica pubescens*, *Tecoma sambusi*, *Senna multiglandulosa*, *Opuntia subulata*, *Cantua buxifolia*, *Agave americana*, *Salvia oppositiflora*, *Colletia espinosísima*, *Passiflora pinnatistipula*, etc. arboles representativos como: *Escallonia resinosa*, *Polylepis incana*,

Prunus serótina, *Eucalyptus globulus*, *Sambucus peruvianus*, *Schinus molle*, *Caesalpinia spinosa*, *Eritrina falcata*, *Alnus acuminata*, etc. se puede encontrar comúnmente en áreas verdes *Solanum tuberosum*, *Daucus carota*, *Vicia faba*, *Opuntia ficus*, *Pisum sativum*, *Mentha viridis*, etc.

• Fauna

- Aves:

- *Nothoprocta ornata* (Lluto)
- *Falco sparverius* (Killichu)
- *Zenaida auriculata* (Urpi, rabi blanca)
- *Colibri coruscans* (Picaflor)
- *Colaptes rupícola* (Jacachu)
- *Troglodites aedon* (Checcollo)
- *Turdus chiguanco* (Chiguaco)
- *Saltador aurantirostris* (Piscaca)
- *Carduelis magellanica* (Chaiña)
- *Zonotrichya capensis* (Pichinco)

- Mamíferos:

- *Mustela frenata* (Kataycha)
- *Didelphis albiventris* (Uncaca)
- *Canepatus rex* (Añas, Zorrino)
- *Pseudalopex culpaeus* (Zorro)

- Anfibios:

- *Rinella spinolosus* (Sapo, jampatu)
- *Telamtoebius marmoratus* (Kayra)
- *Gastrotheca marsupiata* (Checlla)

- Reptiles:

- *Liolaemus alticolor* (Kalayhua)
- *Proctoporus bolivianus* (Suculluco)
- *Tachimenis peruviana* (Machajhuay)

- **Peces**

Las especies más representativas, debido a su amplia distribución en el valle del Cusco son: *Orestias agasii (carachi)*, *Trichomycterus sp. (wita)*.

2.3.4. Fuentes de emisión de gases de Gases efecto invernadero en la cuenca atmosférica del valle del Cusco

• **Fuentes móviles**

Incluyen los diversos tipos de motor utilizado en el transporte. El inventario de vehículos motorizados para la provincia del Cusco, al mes de Marzo del 2012, es de 8152 Unidades vehiculares, según fuente de Registros Públicos, Zona Registral N° X Sede Cusco, tal como se muestra en la cuadro.8

Cuadro.8

Unidades vehiculares

Categoría	Número
Automóvil	750
Bus	600
Camion	300
Camioneta	1350
Camioneta rural	2002
Taxi	3150
TOTAL	8152

Fuente: Registros Públicos, Zona Registral N° X Sede Cusco ciudad

El Ministerio de Transportes tiene un registro de unidades vehiculares de todo el departamento del Cusco, calculándose que para fines del año 2011 habrá un total de 45 300 unidades.

✓ **Emisión de gases del parque automotor**

Actualmente se vienen realizando inspecciones técnicas vehiculares en el Instituto Túpac Amaru del Cusco, para dar las certificaciones a los vehículos que cumplan con los estándares de emisiones de gases, bajo los decretos supremos DECRETO SUPREMO N° 047-2001-MTC y al DECRETO SUPREMO N° 047-2001-MTC.

Cuadro .9
Relación de CO₂ Cusco –Parque automotor

	CO ₂ ppm	%
Cusco	40.3	100
Parque automotor	12.14	30.12

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro. 9 apreciamos el promedio total de CO₂ que existe en la cuenca atmosférica del valle del Cusco y el porcentaje que representa el parque automotor del total de las emisiones.

• **Fuentes fijas**

Dentro de la cuenca atmosférica del valle del cusco se encuentran establecimientos de expendio de alimentos tales como pollerías, pizzerías que utilizan leña y carbón para la preparación de sus productos, así mismo se utiliza el GLP (gas licuado de petróleo) para las calderas de los hoteles.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Los materiales utilizados para el presente estudio son los siguientes:

Campo

- Caja de plástico de equipo de muestreo
- Máquina succionadora de aire
- Frascos muestreadores de vidrio de 250 mL
- Cables eléctricos mellizos de 10 m
- Cronómetro
- Libreta de campo
- Termómetro de -40 a 100 °C
- Red de pescar
- Recipiente de plástico 5 L.

Laboratorio

- Probeta 50 mL
- Vasos de precipitación 100 mL
- Pipetas 100 mL
- Tubos de ensayo 10 mL
- Soporte universal
- Frascos de vidrio 50 mL
- Recipiente de plástico 5 L
- Manueras de plástico

Equipo de laboratorio

- pHmetro
- Espectrofotómetro visible

- Balanza analítica
- Balón de CO₂
- Máquina succionadora de aire

Reactivos

Para CO₂

- Colector: Hidróxido de sodio 0.1 molar
- Titulante: Ácido clorhídrico 0.1 molar
- Indicador: Fenolftaleína 0.1%
- Indicador: Rojo de metilo 0.1%

Para N₂O

- Reactivos: Clorhidrato de naftilamina al 0.1%
- Reactivos: Ácido sulfanílico al 0.1%
- Colector: Agua destilada

Para SO₂

- Fucsina 0.1%

Para H₂S

- Colector: Solución de 10 ppm de sulfato de cobre

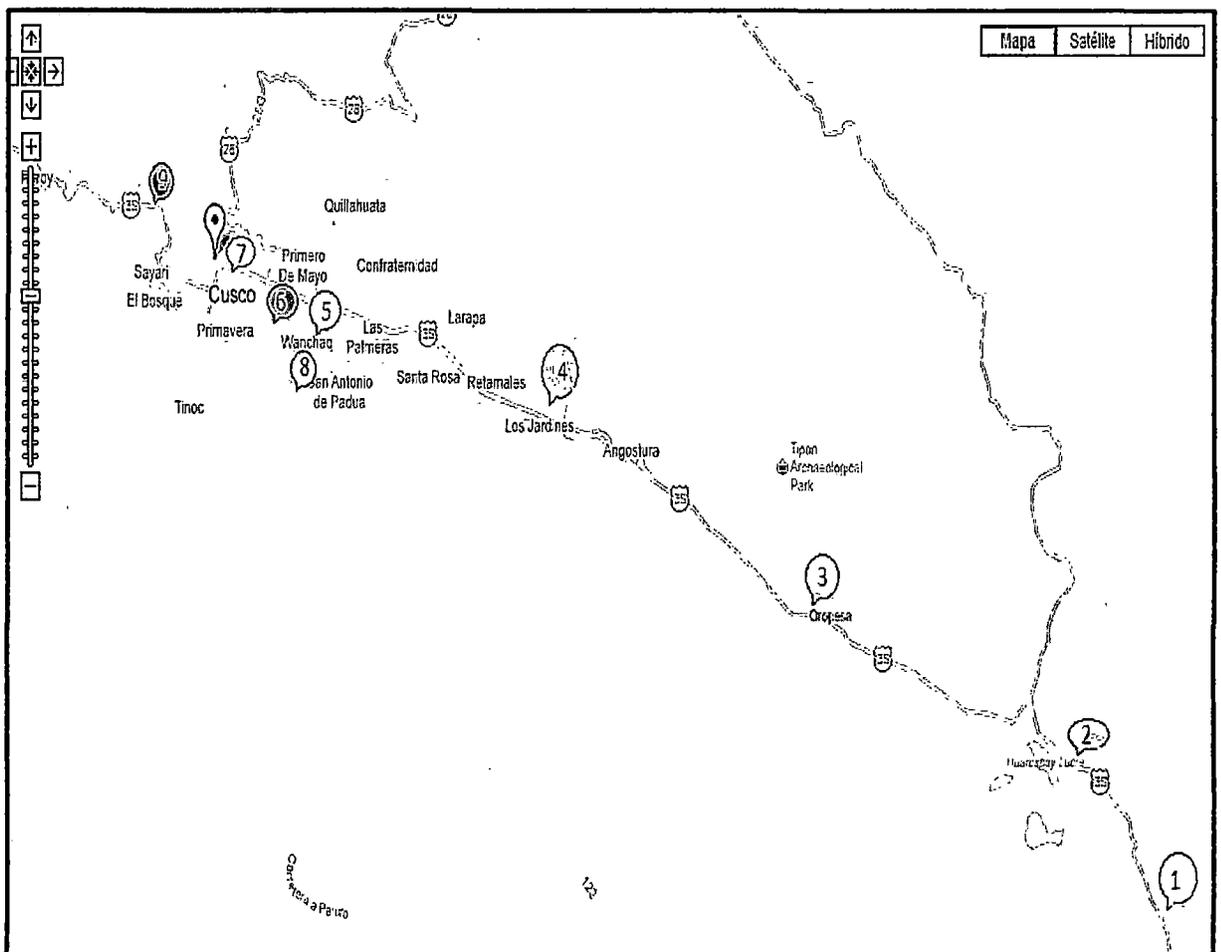
3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Ubicación de las estaciones de muestreo

Se eligieron las estaciones de muestreo tomando en cuenta los puntos críticos de emisión de contaminantes en la cuenca atmosférica del valle del Cusco.

Figura .14

Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo



Fuente: Elaborado en base a maps.google.com.pe

Cuadro. 10

Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA
1	Piñipampa	Andahuaylillas – Quispicanchi
2	Huacarpay	Lucre – Quispicanchi
3	Oropesa	Oropesa
4	Pillao Matao	San Jerónimo - Cusco
5	Hospital Regional	Cusco
6	SERPOST (Cusco)	Cusco
7	Plaza de Armas (Cusco)	Cusco
8	San Luis Aeropuerto	San Sebastián – Cusco
9	San Benito Tica Tica	Poroy

Fuente: Alzamora, Poblete. 2012

3.2.2. Características de los estaciones de muestreo

Para ubicar las estaciones de muestreo se ha tomado en cuenta los sectores dentro de la cuenca atmosférica con mayor actividad productiva, comercial y de servicio vehicular, y comprende desde “El Arco” de Tica Tica del distrito de Poroy hasta la zona de Piñipampa provincia de Quispicanchi, denominándose al sector de Piñipampa y Pillao Matao como zonas de atención prioritaria ya que generan contaminación a causa de la elaboración de tejas y ladrillos, los humos posteriormente son arrastrados por los vientos, lo cual aumenta la carga de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y de óxidos de azufre en el aire de la cuenca atmosférica de la provincia del Cusco. En el centro histórico se da la

presencia de establecimientos de expendio de alimentos y concurrencia de vehículos de transporte privado y turístico

Cuadro.11
Características de los puntos de muestreo

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	FOCO EMISOR	DEMANDA SOCIAL
1	Piñipampa	Tejerías y transporte	Construcción de viviendas
2	Huacarpay	Vehículos de transporte interprovincial y Humedal Huacarpay	Comercio y turismo
3	Oropesa	Vehículos y hornos panificadores	Comercio y turismo
4	Pillao Matao	Fábricas de ladrillos	Construcciones en la ciudad del Cusco
5	Hospital Regional	Vehículos	Transporte
6	SERPOST (Cusco)	Vehículos y comercio	Transporte y comercio
7	Plaza de Armas (Cusco)	Vehículos y comercio	Transporte, comercio y turismo
8	San Luis Aeropuerto	Vehículos y transporte aéreo	Transporte
9	San Benito Tica Tica	Transporte interprovincial	Transporte

Fuente: Alzamora, Poblete. 2012

3.2.3. Determinación de niveles de GEI de larga vida en la cuenca atmosférica del valle del Cusco

a.CO₂

• Procedimiento para la toma de muestras

Se instaló el equipo de absorción de gases conectado al frasco colector con 15 mL de hidróxido de sodio 0.1 molar, previamente etiquetado y rotulado (lugar, hora, y número de muestra), por un lapso de 30 minutos, posteriormente se procedió a verter a otro frasco de color caramelo previamente enjuagado con agua destilada, luego se llevó al laboratorio para su análisis correspondiente, se tomaron 9 muestras en todos los puntos de muestreo, con tres repeticiones lo cual hace un total de 27 muestras.

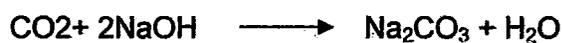
Cuadro.12

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	CO ₂
1	Piñipampa	3
2	Lucre-Huacarpay	3
3	Oropesa	3
4	Pillao Matao	3
5	Hospital Regional	3
6	Serpost	3
7	Plaza de Armas	3
8	San Luis – Aeropuerto	3
9	San Benito (Tica Tica)	3
TOTAL		27

Fuente: Alzamora,Poblete. 2012

• Método de análisis en laboratorio: Determinación por volumetría

La muestra se colectó en una solución de hidróxido de sodio 0.1 molar, a través de un equipo de succión o de compresión, de manera que mida el volumen de aire que atraviesa por la solución de hidróxido de sodio. Durante la toma de muestra la reacción en el recipiente de absorción es:



Después de un tiempo prudente el recipiente se retira y se titula con ácido clorhídrico 0.1 Normal; al mismo tiempo se corre el blanco es decir el Hidróxido de Sodio original.

Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{100}{22} = \frac{(Vb - Vm)0.1}{x}$$

Dónde:

22: peso equivalente de CO_2

Vb: Volumen de ácido gastado para solución en blanco.

Vm: Volumen de ácido gastado para titular el hidróxido de sodio utilizado en la toma de muestra.

b. N_2O

• Procedimiento para la toma de muestras

Se instaló el equipo de absorción de gases conectado al frasco colector con 15 mL de clorhidrato de Nafitamina 0.1% , previamente etiquetado y rotulado (lugar, hora, y número de muestra), por un lapso de 30 minutos, posteriormente se procedió a verter a otro frasco de color caramelo previamente enjuagado con agua destilada, llevado al laboratorio para su análisis correspondiente, Se realizaron 3 repeticiones tomando 4 muestras lo cual hace un total de 12 muestras en las estaciones de muestreo que se observan en el cuadro .13.

Cuadro.15

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	N₂O
1	Piñipampa	3
2	Lucre-Huacarpay	3
3	Oropesa	3
9	Arco Tica Tica	3
TOTAL		12

Fuente: Alzamora,Poblete. 2012

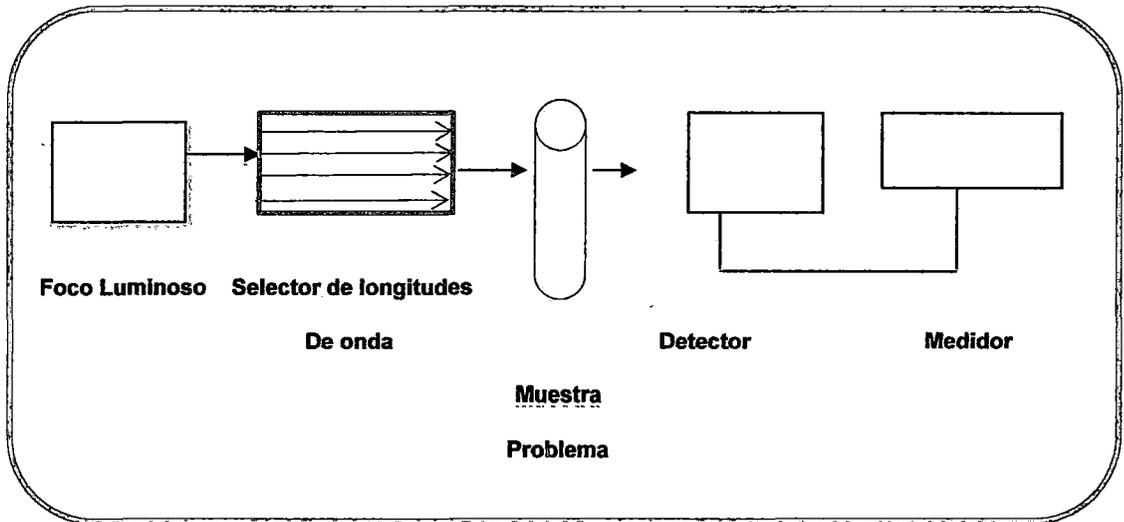
• Método de análisis en laboratorio: Determinación por espectroscopia visible ultravioleta.

La región ultravioleta – visible del espectro electromagnético que se extiende de unos 200 a unos 800 nanómetros es la región espectral más utilizada en análisis químico. Los instrumentos que se utilizan en el visible y el ultravioleta son comunes, relativamente sencillos y bien adaptados al análisis cuantitativo. La absorción de luz en este campo de longitudes de onda da lugar al salto de electrones desde un nivel de energía a otro, entre los niveles de mayor energía de los átomos y de las moléculas.

Hay dos clases generales de compuestos químicos que absorben en la región ultravioleta-visible y que se pueden determinar cuantitativamente midiendo esta absorción. Se trata de los compuestos orgánicos que poseen dobles enlaces conjugados o anillos aromáticos y los iones de los metales en transición especialmente los iones formados con reactivos orgánicos. En la figura .15 se observan los aparatos destinados a la medición de la absorción de radiación que poseen características comunes:

Figura .15

Flujograma de la Medición de la Absorción



Fuente: Alzamora,Poblete. 2012

Se utilizó la siguiente longitud de onda:

➤ N_2O : 435nm

3.2.4 Determinación de niveles de GEI de corta vida en la cuenca atmosférica del valle del Cusco

a. SO_2

• Procedimiento para la toma de muestras

Se instaló el equipo de absorción de gases conectado al frasco colector con 15 mL de fucsina 0.1%, previamente etiquetado y rotulado (lugar, hora, y número de muestra), por un lapso de 30 minutos, posteriormente se procedió a verter a otro frasco de color caramelo previamente enjuagado con agua destilada, luego se llevó al laboratorio para su análisis correspondiente. Se realizaron 3 repeticiones tomando 5 muestras lo cual hace un total de 15 muestras en las estaciones de muestreo que se observan en el cuadro .14.

Cuadro 14

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	SO₂
1	Piñipampa	3
3	Oropesa	3
4	Pillao Matao	3
5	Hospital Regional	3
8	San Luis- Aeropuerto	3
TOTAL		15

Fuente: Alzamora, Poblete. 2012

• **Método de análisis en laboratorio: Determinación por espectroscopia visible ultravioleta.**

Para la determinación de los niveles de este gas también se utilizó la metodología por espectroscopia visible ultravioleta descrita anteriormente. Se utilizó la siguiente longitud de onda:

➤ SO₂: 544nm

b. H₂S

• **Procedimiento para la toma de muestras**

Se instaló el equipo de absorción de gases conectado al frasco colector con 15 mL de sulfato de cobre, previamente etiquetado y rotulado (lugar, hora, y número de muestra), por un lapso de 30 minutos, posteriormente se procedió a verter a otro frasco de color caramelo previamente enjuagado con agua destilada, llevado a laboratorio para su análisis correspondiente. Se realizaron 3 repeticiones tomando 4 muestras lo cual hace un total de 12 muestras en las estaciones de muestreo que se observan en el cuadro .15.

Cuadro.15

N°	ESTACIONES DE MUESTREO	H₂S
1	Piñipampa	3
2	Lucre-Huacarpay	3
4	Pillao Matao	3
8	San Luis- Aeropuerto	3
TOTAL		12

Fuente: Alzamora, Pobleto 2012

• Método de análisis en laboratorio: Espectroscopia de Absorción Atómica.

La espectroscopia de absorción atómica es un método para la detección y determinación de elementos químicos; en especial de elementos metálicos.

Los compuestos para su análisis se tienen que romper en los átomos que los constituyen. Ello se realiza por pulverización en una llama a alta temperatura. Un rayo luminoso de una cierta longitud de onda, producido por un tipo especial de lámpara se dirige a lo largo del eje longitudinal de una llama plana y hacia un espectrofotómetro. Simultáneamente la solución de la muestra es aspirada formando una niebla de gotitas muy finas que se evaporan en la llama dando inicialmente la sal seca y luego vapor de sal el cual se disocia en átomos del elemento que se desea determinar.

Los átomos absorben la luz en bandas muy estrechas de longitudes de onda, tan estrechas que su denominación son líneas. Este comportamiento es característico de átomos y moléculas en el estado gaseoso. En los líquidos las moléculas se hallan próximas unas a otras influyéndose mutuamente sobre sus niveles energéticos respectivos según las leyes del azar. En los gases por lo contrario los átomos o moléculas están alejados unos de otros absorbiendo

cada uno con independencia de sus vecinos, por lo que los niveles de energía son definidos netamente. Debido a que las bandas de absorción son tan estrechas el foco luminoso debe dar también bandas muy estrechas puesto que si diera bandas amplias o radiación continua la mayor parte de la luz pasaría por la llama sin ser absorbida.

Utilizando para H₂S 324.8 nm de longitud de onda.

3.2.5. Bioensayo DL50 de CO₂ en peces

• Procedimiento

Previamente se conecta mediante mangueras el balón de CO₂ y la bomba de oxígeno, las cuales burbujan de manera constante dentro del recipiente con agua. las muestras se toman cada 3 minutos; midiendo el pH con el reactivo Rojo de Metilo y el CO₂ con solución de Hidróxido de Sodio 0.1 molar el cual inmediatamente será titulado con Ácido Clorhídrico 0.1 Normal; al mismo tiempo se corre el blanco es decir el Hidróxido de Sodio original. Para cálculos se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{100}{Zz} = \frac{(Vb - Vm)0.1}{x}$$

Dónde:

22: peso equivalente de CO₂

Vb: Volumen de ácido gastado para solución en blanco.

Vm: Volumen de ácido gastado para titular el Hidróxido de Sodio utilizado en la toma de muestra.

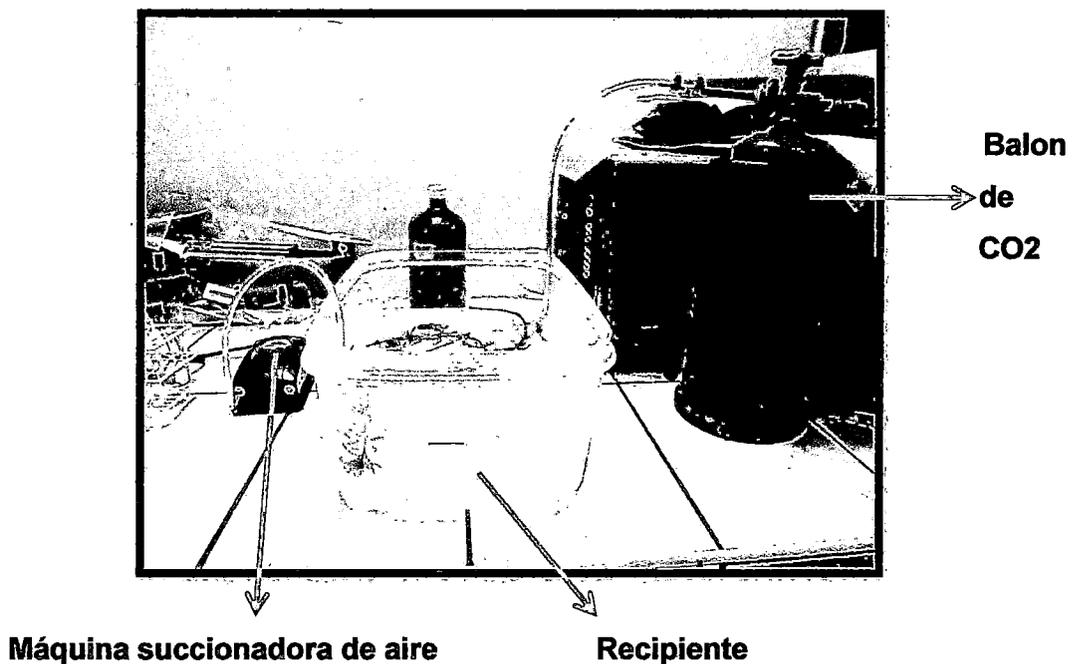
De esta manera se calcula la cantidad de CO₂ existente en el recipiente con agua.

Se sigue los siguientes pasos:

1. Se instalaron 2 recipientes de plástico con dimensiones de 50x35x30 cm, en el primer recipiente se colocan los especímenes en estudio en

- este caso 5 *O. agassii* (orestias) y 5 *T. incae* (wuitas) y el segundo recipiente como testigo con 1 *O. agassii* y 1 *T. incae*.
2. Se conecta el balón de CO₂ y la máquina succionadora de aire con mangueras independientes, para que estos fluyan en el recipiente de manera constante.
 3. Se toman muestras del agua de ambos recipientes en intervalos de tiempo (tres minutos) para registrar los niveles de pH del agua y la concentración de CO₂.
 4. Se realiza este procedimiento hasta el instante en que mueren los individuos.
 5. Se determina la DL50 utilizando el paquete estadístico Probit.

Figura .16
Instalación de equipos para el bioensayo



Fuente: Alzamora, Poblete. 2012

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. NIVELES DE GASES EFECTO INVERNADERO DE LARGA VIDA

4.1.1. Dióxido de carbono – CO₂

Cuadro.16
Niveles de Dióxido de Carbono – CO₂

N°	Puntos de Muestreo	Enero 2010		Enero 2011		Enero 2012		TOTAL CO ₂ ppm
		CO ₂ ppm	T °C	CO ₂ ppm	T °C	CO ₂ ppm	T °C	
1.	Piñipampa	22	20.1	33	18.6	44	20.8	99
2.	Huacarpay	11	19.1	27	18.4	40	20.6	78
3.	Oropesa	11	19	14	18	18	19.8	43
4.	Pillao Matao	45	20.7	40	19.4	35	20.3	120
5.	Hospital Regional	22	20.2	48	19.8	61	21.5	131
6.	Serpost	66	21	65	20	62	21.7	193
7.	Plaza de Armas	67	21.5	71	21.4	62	21.9	200
8.	San Luis aeropuerto	11	19	65	21	113	22.8	189
9.	Arco Tica Tica	44	20.4	24	18.8	70	22	138
TOTAL		299		387		505		1191

T: Temperatura en °C

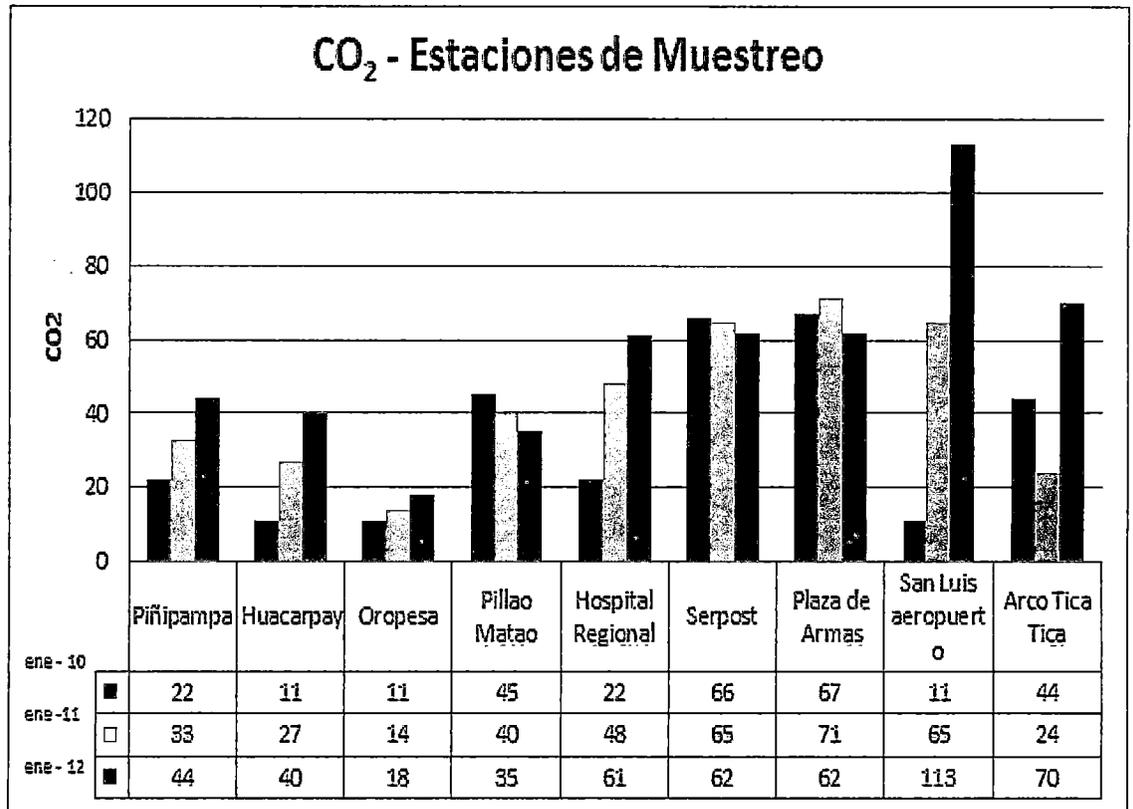
El cuadro.16 permite comparar las concentraciones de CO₂ a través del tiempo así como la temperatura que se midió en los diferentes puntos de muestreo.

Las concentraciones más altas de CO₂ para el año 2010 se encuentran en los puntos de muestreo de Serpost, Plaza de Armas y Pillao Matao.

Para el año 2011 dichas concentraciones se encuentran en los puntos de muestreo: Plaza de Armas, Serpost y San Luis aeropuerto y para el año 2012

las concentraciones más elevadas se encuentran en: San luis aeropuerto, Arco tica tica y Plaza de Armas con Serpost.

Figura .17
Niveles de Dióxido de Carbono



En la figura .17 se observa:

- En Piñipampa la concentración de CO₂, registra un incremento de 1.5 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 1.3 veces más en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Huacarpay la concentración de CO₂, registra un incremento de 2.5 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 1.5 veces más en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Oropesa la concentración de CO₂, registra un incremento de 1.3 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 1.3 veces más en enero 2012 con respecto de enero 2011.

- En Pillao Matao la concentración de CO₂, registra una disminución de 0.9 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y 0.9 veces menos en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En el Hospital Regional la concentración de CO₂, registra un incremento de 2.2 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 1.3 veces más en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Serpost la concentración de CO₂, registra una disminución de 0.9 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 0.9 veces menos en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En la Plaza de Armas la concentración de CO₂, registra un incremento de 1.1 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y disminuye 0.9 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En San Luis Aeropuerto la concentración de CO₂, registra un incremento de 5.9 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 1.7 veces más en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Arco Tica Tica la concentración de CO₂, registra una disminución de 0.5 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y un incremento de 2.9 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.

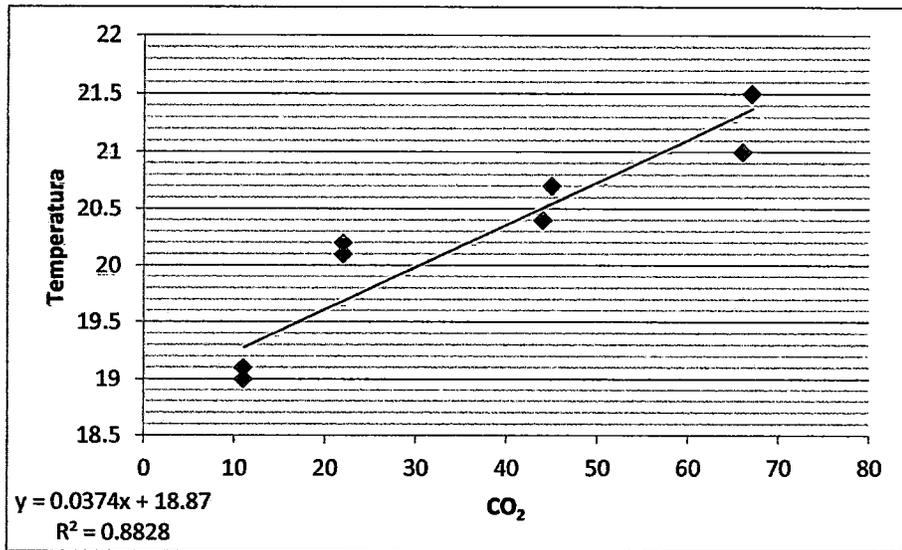
Se puede observar que los valores mas altos de CO₂ se hallan en las zonas céntricas de la ciudad del Cusco tal es el caso de Serpost y la Plaza de Armas, ya que en esta se forma una isla de calor que impide la dispersión de los gases debido a que la velocidad del viento disminuye a causa de edificios y viviendas.

Banco Mundial (2008), la concentración de CO₂ en el año 2008 para el Perú es de 1.42 toneladas métricas per cápita, siendo para la cuenca atmosférica del valle del Cusco 9.74×10^{-7} toneladas métricas per cápita lo que equivale a 157777 veces menos de lo que se emite en todo el territorio peruano.

Se realizó un análisis de regresión para determinar la relación de CO₂ con la temperatura el cual se observa en las figuras 18, 19 y 20.

Figura .18

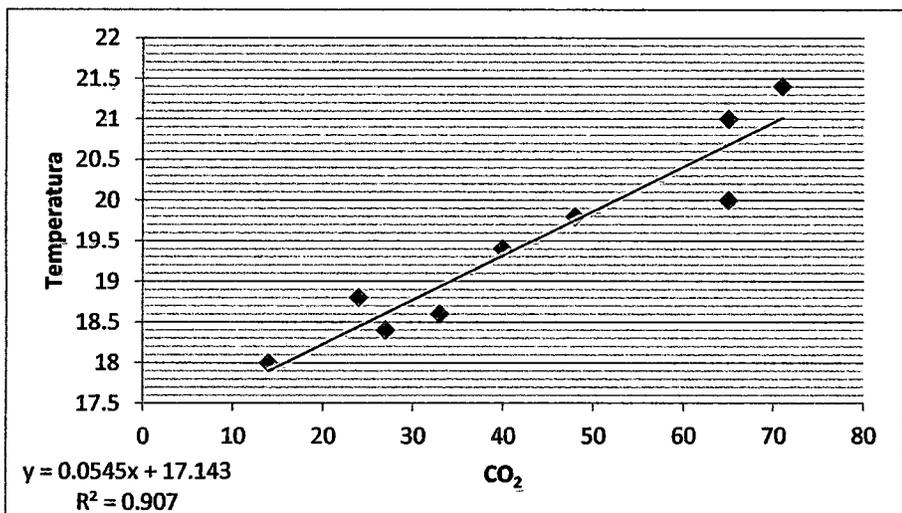
Relación de Temperatura °C - CO₂ (Enero 2010)



La figura .18 muestra que la concentración de CO₂ influncia en un 88% en el incremento de la temperatura el 12% restante se debería a otros factores. Es decir que por cada 0.037 ppm de CO₂ la temperatura incrementa en 1 °C, para el mes de enero 2010.

Figura .19

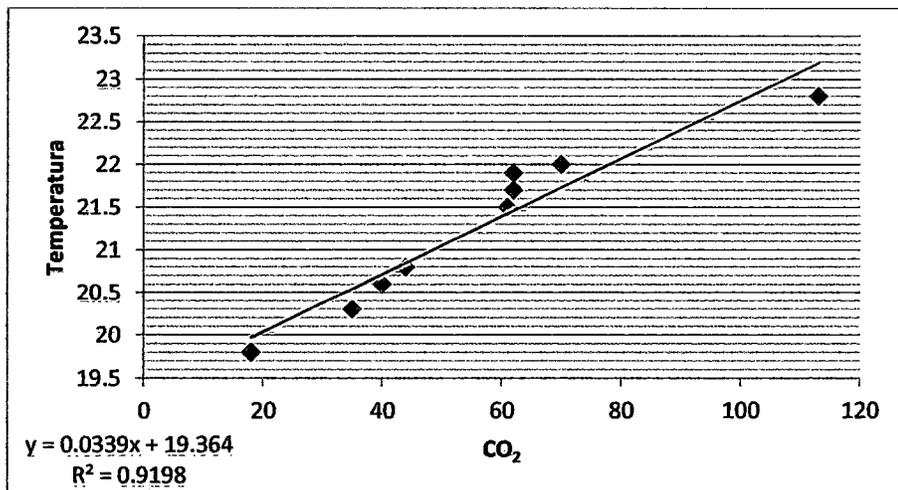
Relación de Temperatura °C - CO₂ (Enero 2011)



La figura .19 muestra que la concentración de CO₂ influncia en un 91% en el incremento de la temperatura y el 9% restante se debería a otros factores. Es

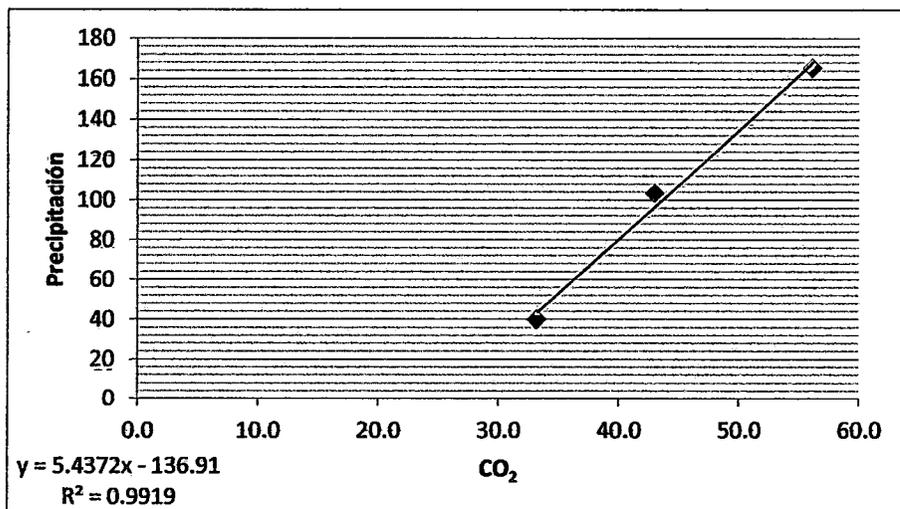
decir que por cada 0.055 ppm de CO₂ la temperatura incrementa en 1 °C, para el mes de enero 2011.

Figura .20
Relación de Temperatura °C - CO₂ (Enero 2012)



La figura .20 muestra que la concentración de CO₂ influncia en un 92% en el incremento de la temperatura y el 8% restante se debería a otros factores. Es decir que por cada 0.034 ppm de CO₂ la temperatura incrementa en 1 °C, para el mes de enero 2012.

Figura .21
Relación de Precipitación - CO₂



La figura .21 muestra que la concentración de CO₂ influncia en un 99% en el incremento de la precipitación, el 1% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada 5.43 ppm de CO₂ la precipitación se incrementa en 1 mm.

4.1.2. Óxido nitroso – N₂O

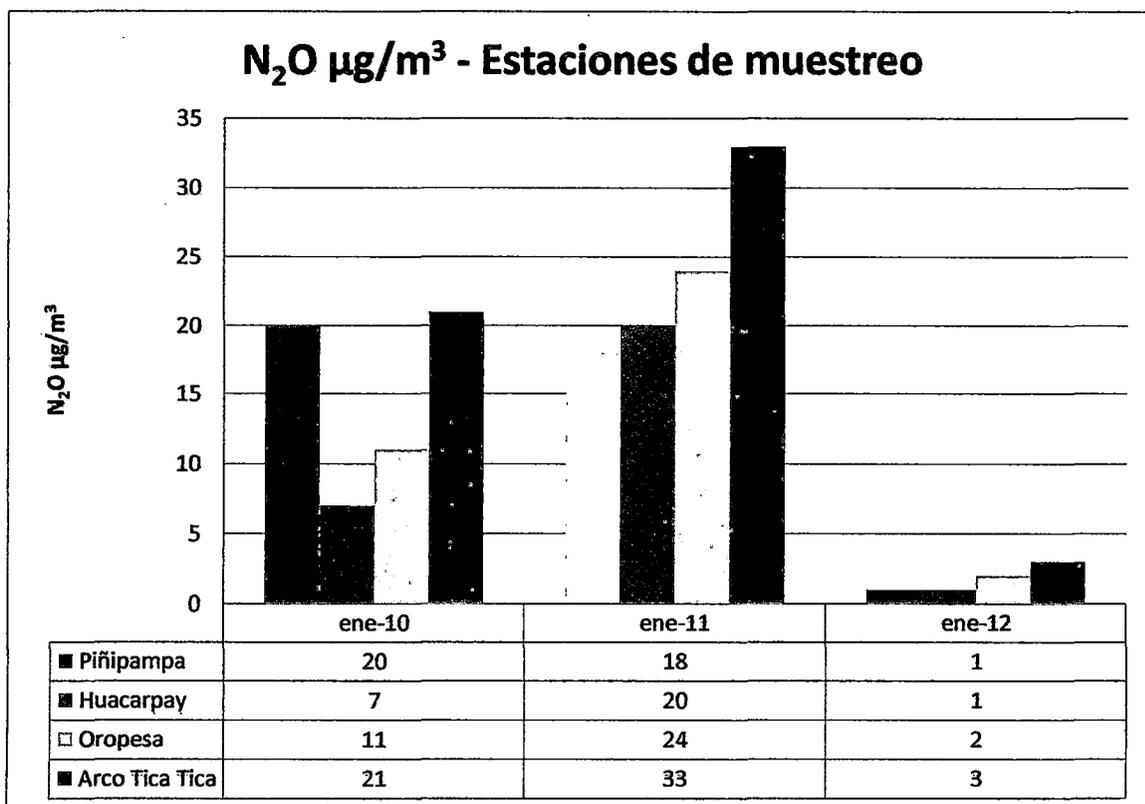
Cuadro.17
Niveles de Óxido nitroso - N₂O

Puntos de Muestreo	ene-10		ene-11		ene-12		TOTAL N ₂ O µg/m ³
	N ₂ O µg/m ³	T °C	N ₂ O µg/m ³	T °C	N ₂ O µg/m ³	T °C	
Piñipampa	20	20.1	18	18.6	1	20.8	39
Huacarpay	7	19.1	20	18.4	1	20.6	28
Oropesa	11	19	24	18	2	19.8	37
Arco Tica Tica	21	20.4	33	18.8	3	22	57
TOTAL	59		95		7		161

T: Temperatura en °C

El Cuadro.17 observamos que las concentraciones mas elevadas N₂O se encuentra en los puntos de muestreo: Piñipampa, Arco tica tica y Oropesa durante los tres años de estudio., asi como el total de oxido nitroso (161 µg/m³) que se encuentra en toda la cuenca atmosférica del valle del Cusco.

Figura .22
Niveles de Óxido nitroso - N₂O



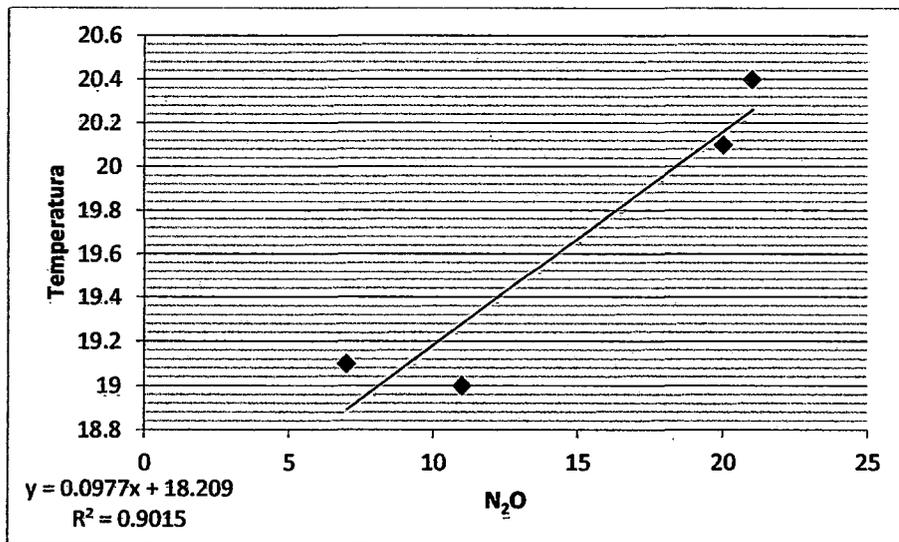
En la figura.22 se observa:

- En Piñipampa la concentración de N₂O, registra una disminución de 0.9 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 0.05 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Huacarpay la concentración de N₂O, registra un incremento de 2.9 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y una disminución de 0.05 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Oropesa la concentración de N₂O, registra un incremento de 2.2 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y una disminución de 0.08 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Arco Tica Tica la concentración de N₂O, registra un incremento de 1.6 veces más en enero 2011 con respecto a enero 2010 y una disminución de 0.09 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.

Se realizó un análisis de regresión para determinar la relación de N₂O con la temperatura, el cual se observa en las figuras 23, 24 y 25.

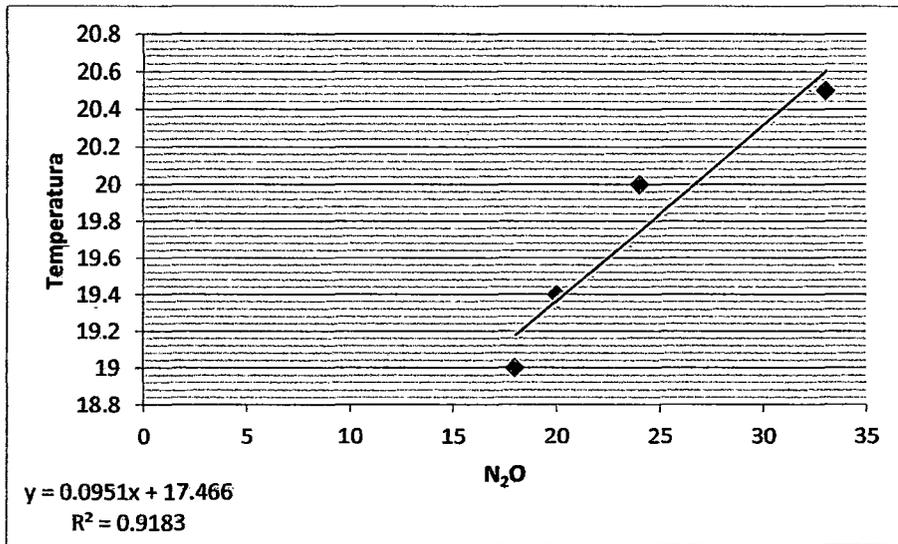
Figura .23

Relación de Temperatura °C - N₂O (Enero 2010)



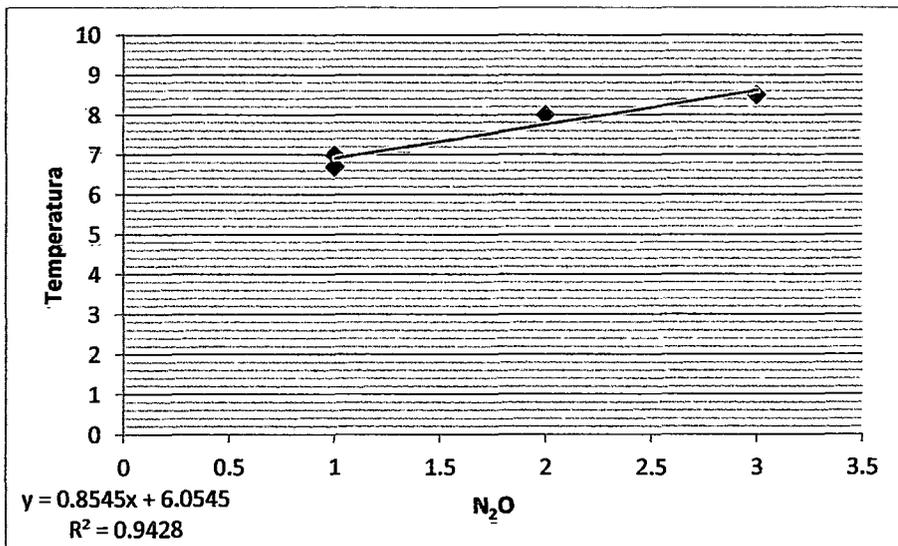
La figura .23 muestra que la concentración de N₂O influye en un 90% en el incremento de la temperatura, el 10% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada 0.098 µg/m³ de N₂O la temperatura incrementa en 1 °C, para el mes de Enero 2010.

Figura .24
Relación de Temperatura °C - N₂O (Enero 2011)



La figura .24 muestra que la concentración de N₂O influncia en un 92% en el incremento de la temperatura, el 8% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada 0.095 µg/m³ de N₂O la temperatura incrementa en 1 °C, para el mes de Enero 2011.

Figura .25
Relación de Temperatura °C - N₂O (Enero 2012)

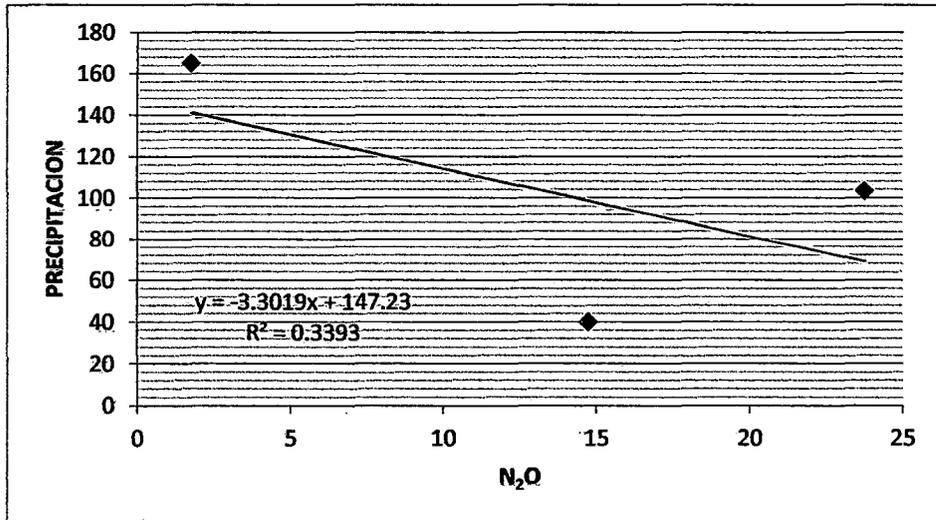


La figura .25 muestra que la concentración de N₂O influncia en un 94% en el incremento de la temperatura, el 6% restante será influenciado por otros

factores. Es decir que por cada $0.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de N_2O la temperatura incrementa en 1°C , para el mes de Enero 2012.

Figura .26

Relación de Precipitación - N_2O



La figura .26 muestra que la concentración de N_2O influencia en un 34% en la disminución de la precipitación, el 66% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de N_2O la precipitación disminuye en 1 mm.

4.2. NIVELES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE CORTA VIDA

4.2.1 Dióxido de azufre – SO₂

Cuadro.18
Niveles de Dióxido de Azufre - SO₂

N°	Puntos de Muestreo	Enero 2010		Enero 2011		Enero 2012		TOTAL SO ₂ µg/m ³
		SO ₂ µg/m ³	T °C	SO ₂ µg/m ³	T °C	SO ₂ µg/m ³	T °C	
1.	Piñipampa	185	20.4	161	18.6	172	20.5	518
2.	Oropesa	90	18.5	124	18	142	19.9	356
3.	Pillao Matao	144	20	186	19.8	275	22	605
4.	Hospital Regional	196	21.7	203	20	225	21.5	624
5.	San Luis aeropuerto	96	19	111	18	121	19	328
	TOTAL	711		785		935		2431

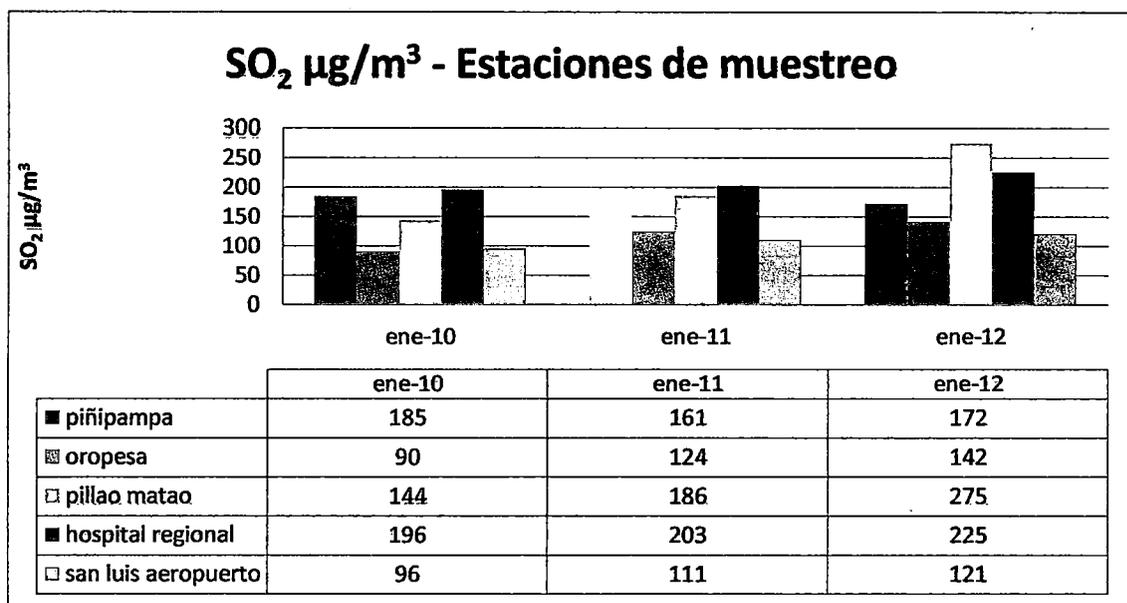
T: Temperatura en °C

En el cuadro.18 se observa las concentraciones de SO₂ y temperatura en los puntos de muestreo donde:

- Para enero 2010 y 2011 la mayor concentración se encuentra en el punto de muestreo 4 Hospital Regional.
- Para enero 2012 la mayor concentración se encuentra en el punto de muestreo 3 Pillao matao.

El total de SO₂ para la cuenca atmosférica del Valle del Cusco es de 2431 µg/m³.

Figura .27
Niveles de Dióxido de Azufre



En la figura .27 se observa

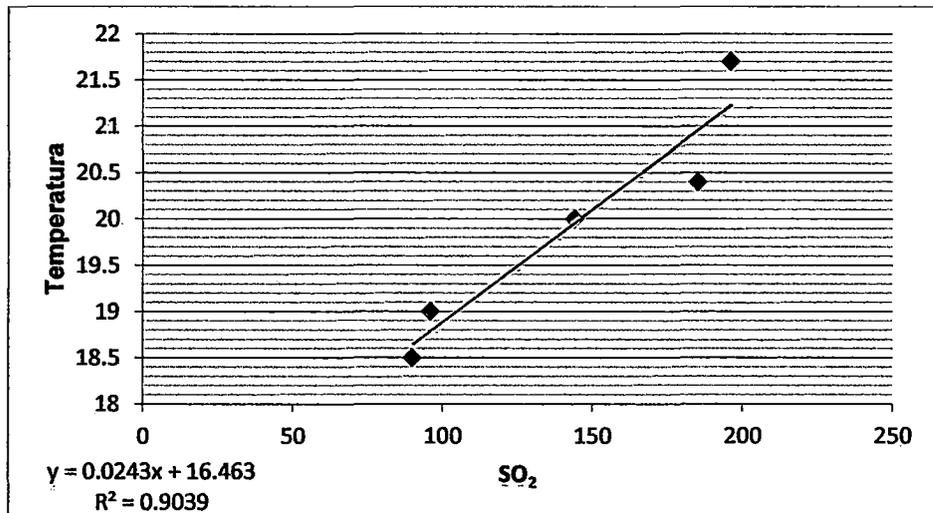
- En Piñipampa la concentración de SO₂, registra una disminución de 0.9 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y un incremento de 1.07 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Oropesa la concentración de SO₂, registra un incremento de 1.4 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y 1.1 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Pillao Matao la concentración de SO₂, registra un incremento de 1.3 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y 1.5 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En el Hospital Regional la concentración de SO₂, registra un incremento de 1.03 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y 1.1 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En San Luis Aeropuerto la concentración de SO₂, registra un incremento de 1.2 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y 1.1 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.

Carazas y Yuca (1999) calcularon $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 y DIGESA (2001) registró $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 ; de acuerdo a los resultados obtenidos las concentraciones de SO_2 se han incrementado, registrándose un promedio de $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 , esto se debería a la combustión incompleta de hidrocarburos que se da en el parque automotor. Unión Europea (Directiva 2008/50/CE), establece el valor límite de SO_2 es $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para protección de ecosistemas y establece límites para protección humana de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en una hora o $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.

Se realizó un análisis de regresión para determinar la relación de SO_2 con la temperatura. El cual se observa en las figuras 28, 29 y 30:

Figura .28

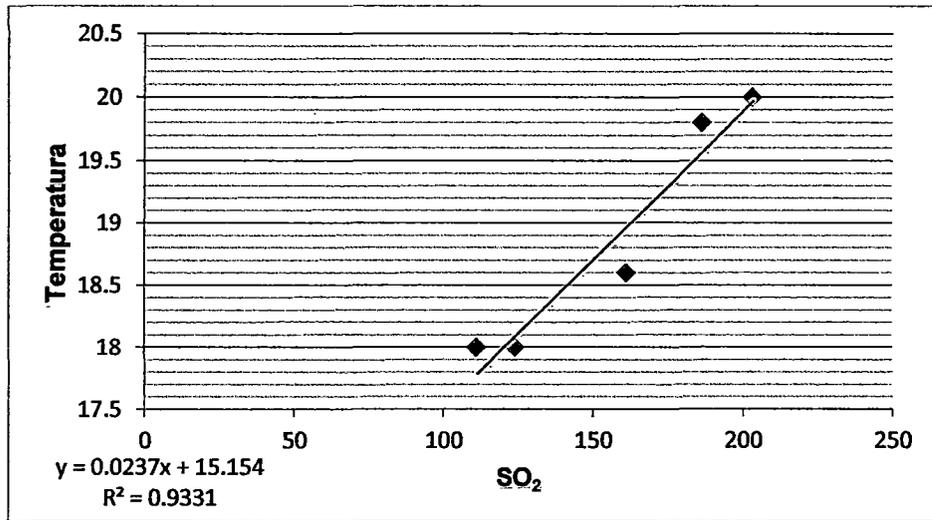
Relación de Temperatura °C - SO_2 (Enero 2010)



La figura .28 muestra que la concentración de SO_2 influncia en un 90% en el incremento de la temperatura, el 10% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada $0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 la temperatura incrementa en 1°C , para el mes de Enero 2010.

Figura .29

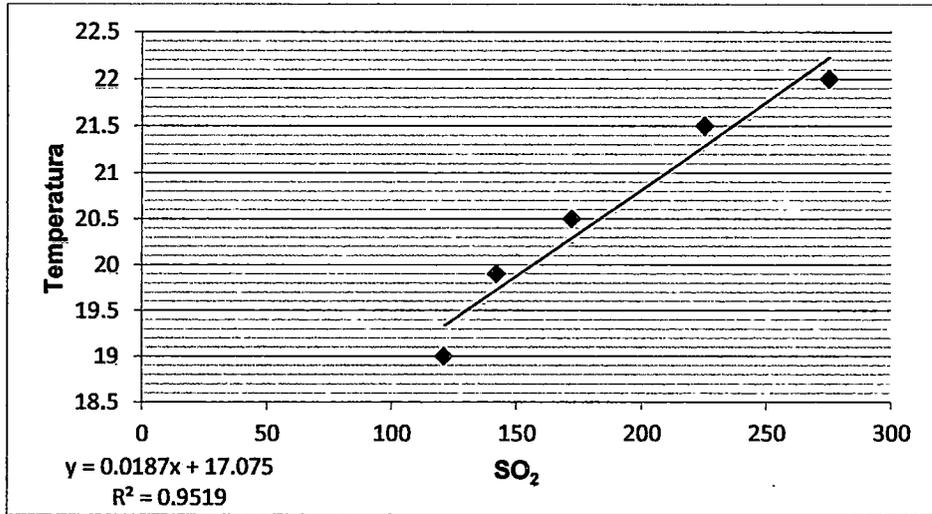
Relación de Temperatura °C - SO₂ (Enero 2011)



La figura .29 muestra que la concentración de SO₂ influncia en un 93% en el incremento de la temperatura, el 7% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada 0.023 µg/m³ de SO₂ la temperatura incrementa en 1 °C, para el mes de Enero 2011.

Figura .30

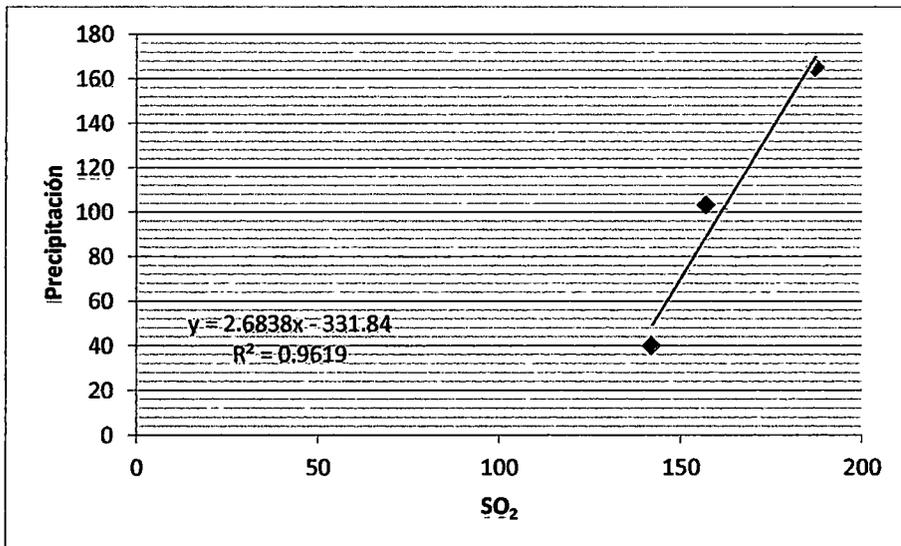
Relación de Temperatura °C - SO₂ (Enero 2012)



La figura .30 muestra que la concentración de SO₂ influncia en un 95% en el incremento de la temperatura, el 10% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada 0.018 µg/m³ de SO₂ la temperatura incrementa en 1 °C, para el mes de Enero 2012.

Figura .31

Relación de Precipitación - SO₂



La figura .31 muestra que la concentración de SO₂ influncia en un 96% en el incremento de la precipitación, el 4% restante será influenciado por otros

factores. Es decir que por cada $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 la precipitación incrementa en 1 mm.

4.2.2. Sulfuro de hidrógeno – H_2S

Cuadro .19

Niveles de Sulfuro de Hidrógeno – H_2S

N°	Puntos de Muestreo	Enero 2010		Enero 2011		Enero 2012		TOTAL H_2S $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		H_2S $\mu\text{g}/\text{m}^3$	T °C	H_2S $\mu\text{g}/\text{m}^3$	T °C	H_2S $\mu\text{g}/\text{m}^3$	T °C	
1.	Piñipampa	310	20.1	170	20.5	200	21.3	680
2.	Huacarpay	20	19.1	10	18.4	44	19.5	74
3.	Pillao Matao	230	20.7	15	19	400	21.8	645
4.	San Luis Aeropuerto	12	19	20	19.4	22	20	54
TOTAL		572		215		666		1453

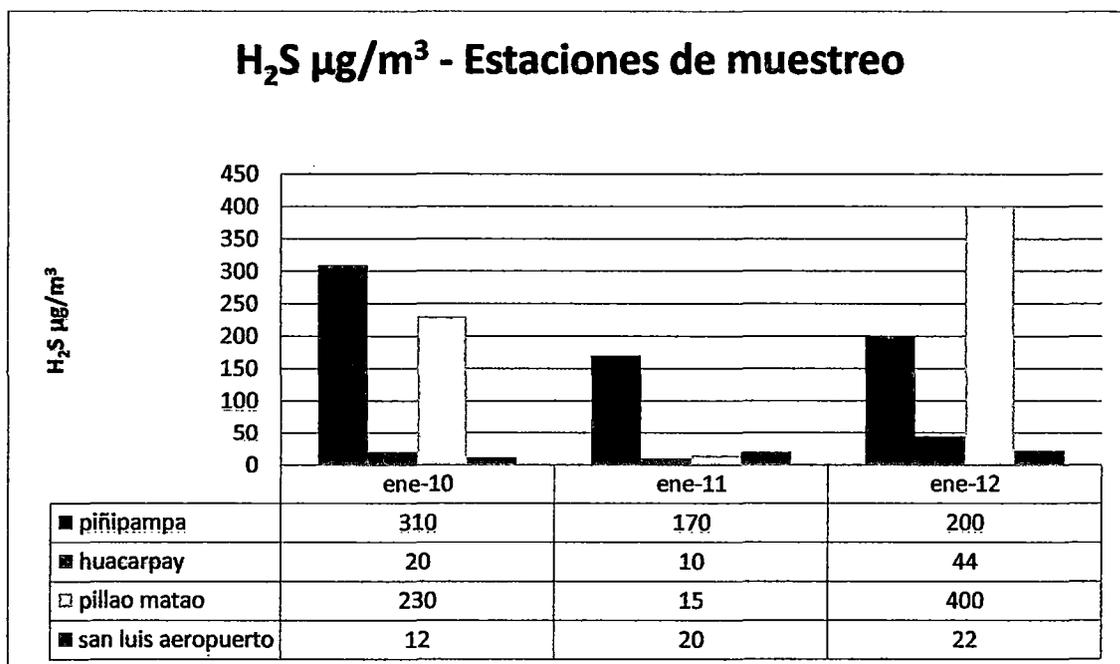
T: Temperatura en °C

El Cuadro.19 nos permitirá comparar las concentraciones de H_2S en los puntos de muestreo, observando:

- Para enero 2010 y 2011 la concentración más elevada se encuentra en el punto de muestreo 1 Piñipampa.
- Para enero 2012 la concentración más elevada se encuentra en el punto de muestreo 3 Pillao matao.

Figura. 32

Niveles de Sulfuro de Hidrógeno



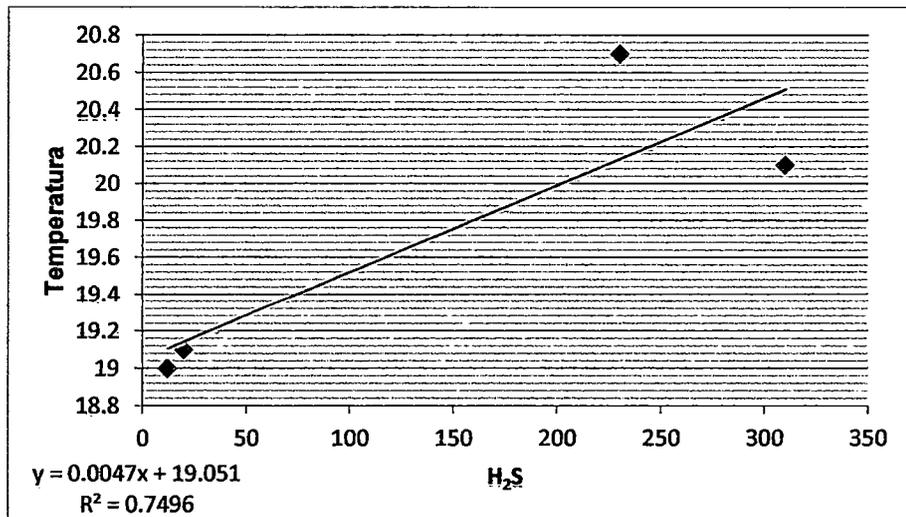
En la figura .32 se observa:

- En Piñipampa la concentración de H₂S, registra una disminución de 0.6 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y un incremento de 1.2 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Huacarpay la concentración de H₂S, registra una disminución de 0.5 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y un incremento de 4.4 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En Pillao Matao la concentración de H₂S, registra una disminución de 0.06 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y un incremento de 26.7 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.
- En San Luis Aeropuerto la concentración de H₂S, registra un incremento de 1.7 veces en enero 2011 con respecto a enero 2010 y de 1.1 veces en enero 2012 con respecto de enero 2011.

DIGESA (2005), el H₂S es un gas sumamente tóxico su olor representa la primera señal de advertencia (3 µg/m³) para todas aquellas personas que trabajan en los sistemas de drenaje, su exposición de unos minutos a este gas puede causar dolores de cabeza, náuseas, irritación en los ojos (100 µg/m³).

Se realizó un análisis de regresión para determinar la relación de H₂S con la temperatura. Lo cual se observa en las figuras 33,34 y 35.

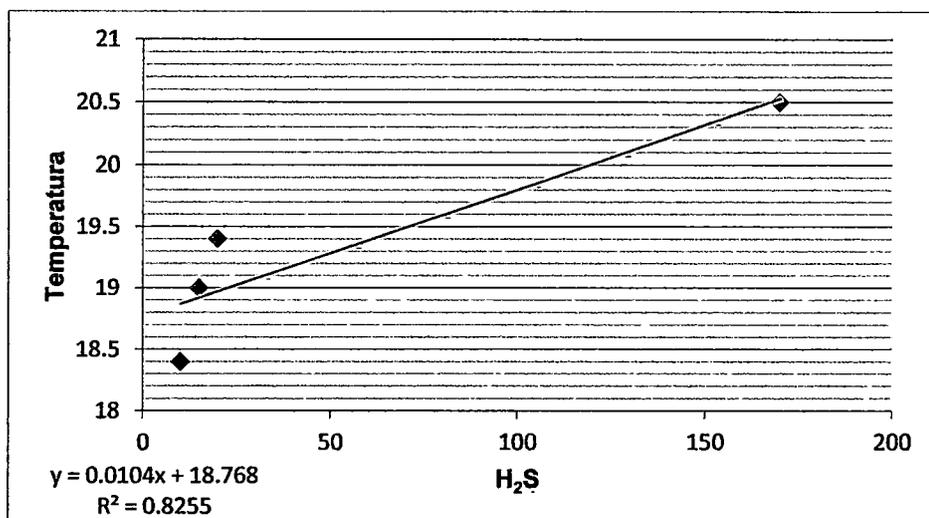
Figura .33
Relación de Temperatura °C - H₂S (Enero 2010)



La figura .33 muestra que la concentración de H₂S influncia en un 0.74% en la incremento de la temperatura, el 26% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada 0.0047 µg/m³ de H₂S la temperatura aumenta en 1 °C.

Figura .34

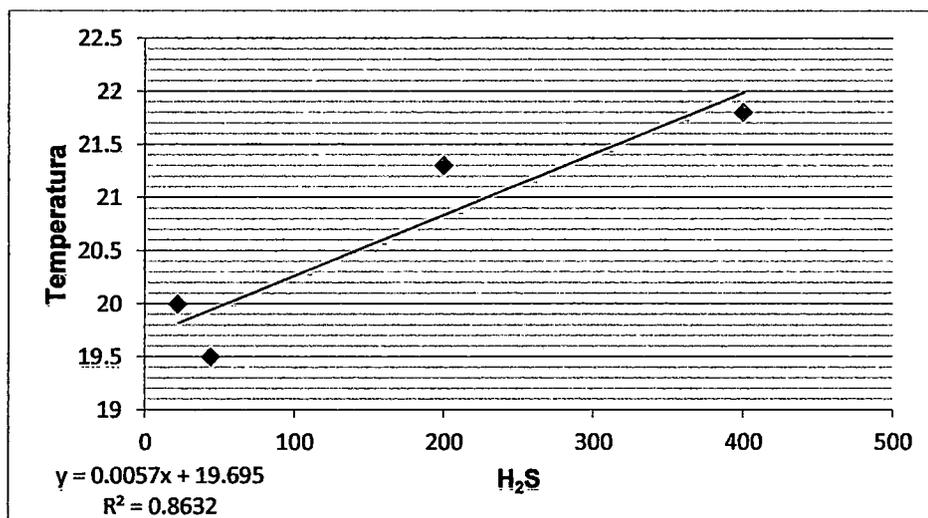
Relación de Temperatura °C - H₂S (Enero 2011)



La figura .34 muestra que la concentración de H₂S influncia en un 82% en la incremento de la temperatura, el 18% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada 0.010 µg/m³ de H₂S la temperatura aumenta en 1 °C.

Figura .35

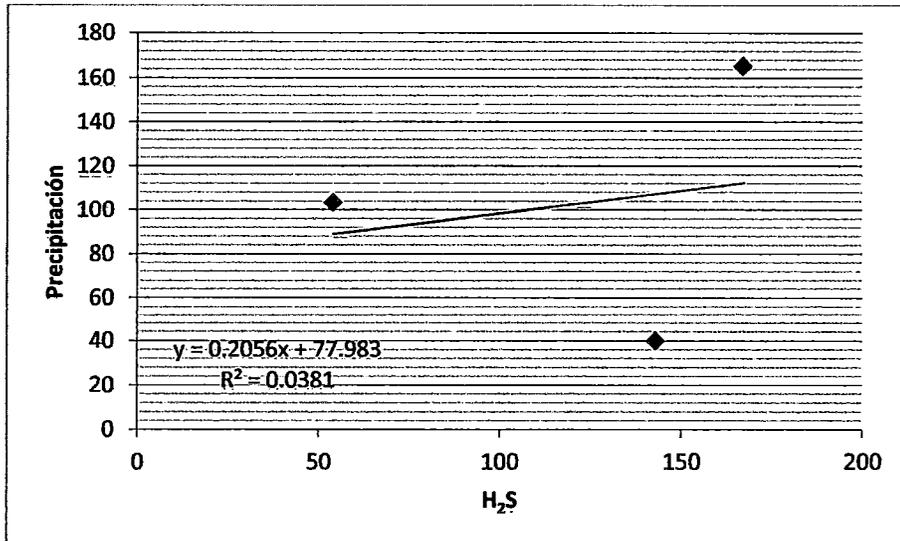
Relación de Temperatura °C - H₂S (Enero 2012)



La figura .35 muestra que la concentración de H₂S influncia en un 86% en la incremento de la temperatura, el 14% restante será influenciado por otros

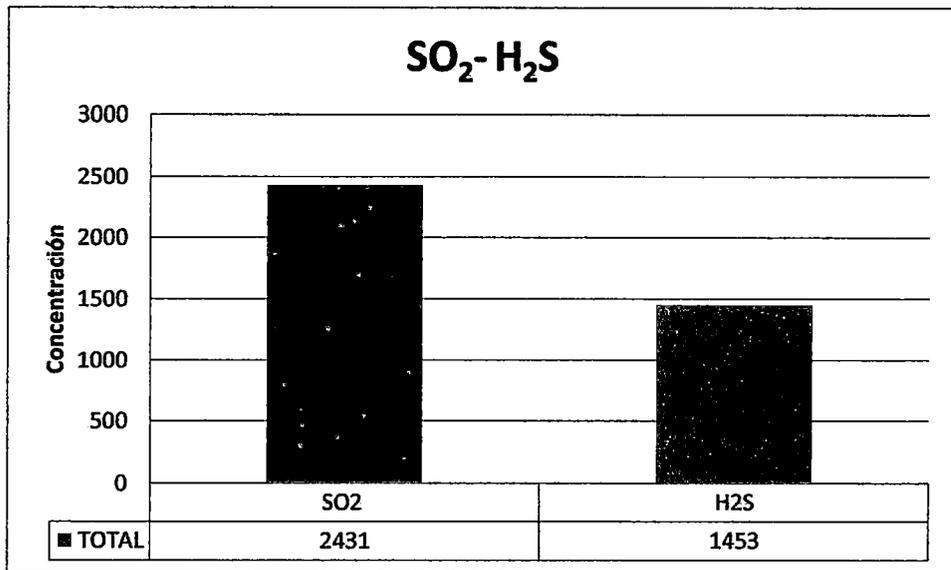
factores. Es decir que por cada $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de H_2S la temperatura aumenta en 1°C .

Figura .36
Relación Precipitación - H_2S



La figura .36 muestra que la concentración de H_2S influncia en un 4% en el incremento de la precipitación, el 96% restante será influenciado por otros factores. Es decir que por cada $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de H_2S la precipitación aumenta en 1 mm.

Figura. 37
Comparación SO₂ - H₂S



En la figura .37 se puede observar la comparación del total de las concentraciones de gases efecto invernadero de corta vida, donde el SO₂ se encuentra de manera abundante con un total de 2431 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que la concentración de H₂S es de 1453 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual nos indica la abundancia del SO₂ en la atmosfera.

4.3. BIOENSAYO DL50 DE CO₂ EN PECES

La dosis mínima letal experimental y estadística (Probit) en promedio de las tres repeticiones se observa en el cuadro .20.

Cuadro .20

Consolidado de datos experimentales – estadísticos

DL50 CO ₂ mg/L				
Repeticiones	Probit	Experimental Wuitas (<i>T. incae</i>) CO ₂ mg/L	Probit	Experimental Orestias (<i>O. agassii</i>) CO ₂ mg/L
Repetición 1	319	236	490	332
Repetición 2	361	334	441	372
Repetición 3	274	213	508	393
\bar{x}	318	261	480	366

Los datos experimentales con los hallados en el análisis Probit difieren es por esta razón que se realizó una prueba T-student la cual se observa en el cuadro .21

Cuadro .21

Resultados estadísticos y experimentales

	PROBIT CO ₂ mg/L	EXPERIMENTAL CO ₂ mg/L	T	P
Wuitas (<i>T. incae</i>)	318	261	3.499	0.073
Orestias (<i>O. agassii</i>)	480	366	4.43	0.06

La prueba T-student indica que si los valores de $P \geq 0.05$ los valores comparados son iguales, si $P \leq 0.05$ los valores comparados son diferentes.

En el cuadro .21 se observa que:

- Para la especie *T. incae*, el valor de $P = 0.073$ lo cual nos indica que los resultados experimentales y estadísticos (Probit) son iguales.
- Para la especie *O. agassii*, el valor de $P = 0.06$ lo cual nos indica que los resultados experimentales y estadísticos (Probit) son iguales.

El promedio de CO_2 en la cuenca atmosférica del valle del Cusco es de 40 ppm este valor es poco comparado con los resultados obtenidos en las repeticiones, lo cual indica que los niveles de CO_2 en la cuenca aún no afectan el desarrollo de las especies ícticas estudiadas.

CONCLUSIONES

De acuerdo al presente estudio se registran niveles apreciables de concentración de gases efecto invernadero de larga vida, donde el dióxido de carbono se encuentra en mayor concentración y el óxido nitroso presenta una menor concentración, al igual que los gases efecto invernadero de corta vida (SO_2 y H_2S) dentro de la cuenca atmosférica del valle del Cusco.

1. Referente a los niveles de GEI de larga vida (CO_2 y N_2O). La concentración máxima de CO_2 se registra en el punto de muestreo 7 (Plaza de Armas del Cusco) con 67 ppm, en segundo lugar el punto de muestreo 6 (SERPOST) con 64 ppm, en tercer lugar el punto de muestreo 8 (San Luis Aeropuerto) con 63 ppm, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel promedio de CO_2 para la cuenca atmosférica del valle del Cusco es de 40 ppm; y por cada 0.042 ppm de CO_2 en promedio la temperatura se incrementa en 1°C , y por cada 5.44 ppm de CO_2 la precipitación se incrementa en 1 mm.

Para N_2O la concentración máxima se encuentra en el punto de muestreo 9 (San Benito - Arco Tica) con $19\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, en segundo lugar el punto de muestreo 1 (Piñipampa) con $13\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, en tercer lugar el punto de muestreo 3 (Oropesa) con $12\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel N_2O promedio para la cuenca atmosférica del valle de Cusco es de $14\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Donde por cada $0.35\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de N_2O la temperatura se incrementa en 1°C , y por cada $3.3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento la precipitación disminuye en 1mm.

2. Referente a los niveles de los GEI de corta vida (SO_2 y H_2S). La concentración máxima es de SO_2 se registra en el punto de muestreo 5 (Hospital Regional) con $208\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, en segundo lugar en el punto de muestreo 4 (Pillao Matao) con $202\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, en tercer lugar el punto de muestreo 1 (Piñipampa) con $173\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel promedio SO_2 para la cuenca atmosférica del valle del Cusco es $162\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Donde por

cada $0.023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de SO_2 en promedio la temperatura se incrementa en $1 \text{ }^\circ\text{C}$ y por cada $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento la precipitación se incrementa en 1 mm.

Para H_2S la mayor concentración se encuentra en el punto de muestreo 1 (Piñipampá) con $227 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en segundo lugar en el punto de muestreo 4 (Pillao Matao) con $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en tercer lugar en el punto de muestreo 2 (Huacarpay) con $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, obteniendo menores concentraciones en los puntos de muestreo restantes. El nivel promedio de H_2S para la cuenca atmosférica del valle de Cusco es $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Donde por cada $0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento de H_2S en promedio la temperatura se incrementa en $1 \text{ }^\circ\text{C}$ y por cada $0.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de incremento la precipitación se incrementa en 1 mm.

RECOMENDACIONES

- Las zonas de Piñipamampa y Pillao Matao por la presencia de tejeras y ladrilleras requieren de una continua educación ambiental. charlas sobre calidad de aire dirigidas a escolares, universitarios y a empresas públicas y privadas, todo ello con la prioridad de mejorar su calidad de vida y hacer conciencia acerca de las enfermedades que pueden adquirir a causa de los humos y poner en su conocimiento las alteraciones que se producen en los ecosistemas y el daño continuo a la naturaleza.
- El control de aire limpio para vehículos debería realizarse tres veces al año para tener una reducción en las emisiones de GEI, que son principal causa de la contaminación.
- El tránsito vehicular se debe restringir para aquellos vehículos que no tengan una combustión completa ya que son los principales emisores de GEI, dichos vehículos deben tener un control más estricto y en casos de mucha antigüedad ser retirados de circulación.
- El tránsito vehicular debe descentralizarse creando nuevas rutas, evitando la concentración de los GEI en las zonas céntricas de la ciudad.
- Incentivar la crianza natural o artificial de especies vegetales, animales terrestres o acuáticos nativos de nuestra localidad para evitar su desaparición y/o desplazamiento a causa de la variación climática o de especies introducidas.

BIBLIOGRAFIA

- BRACK & MENDIOLA. *Ecología del Perú*. Lima: Editorial Bruño, 2000. 312 p.
- CARAZAS SACACA, A. YUCA HUAMAN S. *Estudio preliminar de los agentes contaminantes primarios del aire por la quema de ladrillos en Manahuafunca – Santiago*. Seminario curricular. UNSAAC. Cusco, 1999.
- CARLOTTO, V. *Geología y Evolución*. En: *Historia Natural del Valle del Cusco*. Editorial SOPRONAC, 2005.
- CHOQUEHUANCA, A. *Valle del Cusco*. Peru: Editorial: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 1996. 227p.
- CONAM. *Plan a limpiar el aire Cusco*. Cusco Editorial Konigraf, 2005. 57 p.
- DIGESA. *Informe de control de aire 2001*. 45 p.
- ENKERLIN, J. *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible Internacional*. México: Editorial Thompson, 1997. 285 p.
- FERRETTI, K. *Diversidad Biológica y Desarrollo Sostenible*. Fundación AMBIO. San José, 2005 .104 p.
- GIL MORA, E. *Cúpula de aire contaminado en la atmósfera de la ciudad del Cusco*. Cusco: Editorial Universitaria UNSAAC, 1999. 25 p.
- GIL MORA, E. *Contaminación ambiental: Causas, efectos, medición y control*. Cusco: Editorial Universitaria UNSAAC, 2000.
- GLYNN, H. *Ingeniería Ambiental, segunda edición*. Mexico: Editorial Prentice Hall., 1999.
- HALFFTER, S. *Libro Blanco de la Educación Ambiental*. España: Editorial Marines. 1998, 456 p.
- HERNÁNDEZ, R. *Metodología de la Investigación. Cuarta edición*. Perú: Editorial Aedos, 2000.
- INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE (IMA). *Diagnóstico ambiental en la subcuenca del rio Huatanay*. Convenio Peru – Holanda. Cusco: s.n., 1997.

- KEATING, G. *Cumbre para la tierra – Programa para el cambio Climático*. Ginebra: Copyright Centre for our Common future, 1993.
- KERR, *Cómo reducir el calentamiento terrestre*. Hudson Institute 2004. 354 p.
- LOAYZA y Sociedad Protectora de la Naturaleza, *Historia natural del valle del Cusco*. Cusco – Perú. Editorial: SOPRONAC, 2005. 384p.
- MARGALEF, R. *Ecología*. Barcelona - España: Editorial Omega, 1977. 789 p.
- MATA Y QUEVEDO. *Diccionario didáctico de ecología*. Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica (UCR), 1998. 387 p.
- MOLLEPAZA UGARTE, S. SARMIENTO NUÑEZ, H. *Evaluación de la problemática ambiental a consecuencia del monóxido y dióxido de carbono emitidos por la combustión interna del parque automotor en el Cusco*. Cusco: s.n., 2000. Presentada en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco para obtención del título de Biólogo.
- OROZCO C. *Contaminación ambiental una visión desde la química*. España: Editorial Carmen de la Fuente, 2005. 778 p.
- RIVERO SERRANO, O. *Contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias*. Barcelona: Editorial Blume, 1993
- SEOANEZ, M. *Tratado de climatología aplicado a la ingeniería medioambiental*. Perú: Editorial Aedos, 1997. 320 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e hidrología – SENAMHI, *Planilla meteorológica Estación Granja Kayra (2002-2011)*. Perú.
- TYLER MILLER G., Jr., *Ecología y Medio Ambiente*. España: Editorial Iberoamérica, 1994.
- ISO 690 – 2011

PAGINAS DE INTERNET

- <http://www.bancomundial.org/>
- Datos de los últimos censos del Perú disponible en:
www.inei.gob.pe
- El efecto invernadero
www.wikipedia.org
- www.IPCC.COM (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático)
- www.OCDE.org (Organización Cooperación de Desarrollo Económico)

ABREVIATURAS

CO: Monóxido de Carbono.

CO₂: Dióxido de Carbono.

CH₄: Metano.

H₂S: Sulfuro de hidrógeno.

NO₂: Dióxido de nitrógeno.

SO₂: Dióxido de azufre.

GEI: Gases Efecto Invernadero.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.

GEILV: Gases de Efecto Invernadero de Larga Vida.

GEILC: Gases de Efecto Invernadero de Corta Vida.

DL50: Dosis Letal Mínima.

EPA: Environmental Protection Agency.

MINAM: Ministerio del Ambiente.

CFC: Clorofluorocarbonos.

HCFCs: Hidroclorofluorocarbonos.

SF₆: Hexafluoruro de azufre.

OCDE: Organización Cooperación de Desarrollo Económico.

ECA: Estándar de Calidad Ambiental.

ANEXOS

1. Análisis de resultados para el bioensayo 1:

- Límites de confianza DL50 para *T. incae*

Cuadro. 1

Probabilidad	Límites de confianza al 95% para Dosis			Límites de confianza al 95% para log(Dosis)(a)		
	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación n	Límite inferior	Límite superior
PROBIT .010	142.662	1.711	226.957	2.154	.233	2.356
.020	156.786	3.495	245.695	2.195	.543	2.390
.030	166.463	5.471	259.716	2.221	.738	2.414
.040	174.135	7.637	271.770	2.241	.883	2.434
.050	180.636	9.988	282.809	2.257	.999	2.451
.060	186.360	12.520	293.295	2.270	1.098	2.467
.070	191.527	15.227	303.498	2.282	1.183	2.482
.080	196.276	18.107	313.597	2.293	1.258	2.496
.090	200.697	21.153	323.721	2.303	1.325	2.510
.100	204.854	24.362	333.973	2.311	1.387	2.524
.150	223.003	42.609	389.858	2.348	1.629	2.591
.200	238.567	63.747	459.530	2.378	1.804	2.662
.250	252.782	86.410	551.529	2.403	1.937	2.742
.300	266.268	109.146	675.976	2.425	2.038	2.830
.350	279.407	130.827	845.533	2.446	2.117	2.927
.400	292.473	150.864	1076.812	2.466	2.179	3.032
.450	305.696	169.154	1392.894	2.485	2.228	3.144
.500	319.293	185.888	1827.534	2.504	2.269	3.262
.550	333.495	201.386	2432.230	2.523	2.304	3.386
.600	348.572	216.007	3288.829	2.542	2.334	3.517
.650	364.873	230.122	4533.661	2.562	2.362	3.656
.700	382.877	244.120	6407.530	2.583	2.388	3.807
.750	403.304	258.449	9369.732	2.606	2.412	3.972
.800	427.336	273.712	14393.574	2.631	2.437	4.158
.850	457.160	290.879	23884.486	2.660	2.464	4.378
.900	497.662	311.931	45473.125	2.697	2.494	4.658
.910	507.971	316.968	53170.384	2.706	2.501	4.726
.920	519.412	322.429	63035.878	2.716	2.508	4.800
.930	532.290	328.428	76035.422	2.726	2.516	4.881
.940	547.050	335.129	93784.014	2.738	2.525	4.972
.950	564.384	342.782	119190.419	2.752	2.535	5.076
.960	585.453	351.802	158052.106	2.767	2.546	5.199
.970	612.435	362.956	223760.141	2.787	2.560	5.350
.980	650.239	377.938	355584.326	2.813	2.577	5.551
.990	714.614	402.021	739353.75	2.854	2.604	5.869

a. Análisis Probit para encontrar la dosis mínima letal (DL50) de CO₂ para wuitas (*T. incae*):

En el cuadro .2 se observá la dosis de CO₂ á la cual fueron expuestos las wuitas (*T. incae*), y su posterior deceso:

Cuadro .2

DOSIS CO ₂ mg/L	TAMAÑO MUESTRAL	CASOS (muertes)
117	5	0
147	5	0
174	5	0
209	5	0
236	5	3
291	2	0
332	2	0
368	2	2

Los resultados muestran:

Cuadro. 3

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error típico	Z	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PROBIT(a) Dosis	6.649	2.962	2.245	.025	.844	12.453
Intersección	-16.650	7.204	-2.311	.021	-23.855	-9.446

a) Modelo PROBIT: PROBIT(p) = Intersección + BX (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo en base 10.000.)

El modelo ajustado para esta aplicación es:

$$\phi^{-1}(P) = -16.650 + 6.649 \cdot \log \text{DOSIS.}$$

Cuadro. 4

Contrastes de chi-cuadrado

	Chi-cuadrado	gl(a)	Sig.
PROBIT Contraste de la bondad de ajuste de Pearson	10.999	5	.051(b)

a) Los estadísticos basados en casos individuales difieren de los estadísticos basados en casos agregados.

b) Como el nivel de significación es mayor que .050, no se utiliza un factor de heterogeneidad en el cálculo de los límites de confianza.

Se presenta la prueba de bondad de ajuste:

El contraste de la bondad de ajuste de Pearson (10.999) mediante las hipótesis:

H₀: El modelo está bien ajustado. ($P > 0.05$)

H₁: El ajuste del modelo no es bueno. ($P < 0.05$).

$P = 0.051 > 0.05$ permite concluir que no hay razones para dudar del modelo, es decir se presenta un buen ajuste del modelo Probit.

Para alcanzar un 50% de mortalidad en las wuitas (*T. incae*) en el tratamiento 1 se requiere una dosis de 319 mg/L de CO₂.

• Límites de confianza DL 50 para *O. agassii*

Cuadro. 5

Probabilidad	Límites de confianza al 95% para Dosis			Límites de confianza al 95% para log(Dosis)(a)		
	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación	Límite inferior	Límite superior
PROBIT .010	272.270	73.180	312.703	2.435	1.864	2.495
.020	281.381	89.488	319.574	2.449	1.952	2.505
.030	287.318	101.607	324.216	2.458	2.007	2.511
.040	291.867	111.745	327.895	2.465	2.048	2.516
.050	295.621	120.692	331.033	2.471	2.082	2.520
.060	298.854	128.830	333.828	2.475	2.110	2.524
.070	301.717	136.380	336.389	2.480	2.135	2.527
.080	304.305	143.478	338.783	2.483	2.157	2.530
.090	306.677	150.217	341.057	2.487	2.177	2.533
.100	308.877	156.664	343.243	2.490	2.195	2.536
.150	318.155	185.846	353.566	2.503	2.269	2.548
.200	325.727	211.685	364.014	2.513	2.326	2.561
.250	332.367	235.138	375.700	2.522	2.371	2.575
.300	338.445	256.332	389.640	2.529	2.409	2.591
.350	344.176	275.048	406.865	2.537	2.439	2.609
.400	349.705	291.058	428.300	2.544	2.464	2.632
.450	355.138	304.390	454.615	2.550	2.483	2.658
.500	360.567	315.387	486.247	2.557	2.499	2.687
.550	366.080	324.560	523.640	2.564	2.511	2.719
.600	371.767	332.422	567.525	2.570	2.522	2.754
.650	377.738	339.405	619.190	2.577	2.531	2.792
.700	384.135	345.866	680.814	2.584	2.539	2.833
.750	391.160	352.109	756.068	2.592	2.547	2.879
.800	399.133	358.447	851.467	2.601	2.554	2.930
.850	408.633	365.285	979.821	2.611	2.563	2.991
.900	420.908	373.348	1171.427	2.624	2.572	3.069
.910	423.927	375.233	1223.357	2.627	2.574	3.088
.920	427.232	377.261	1282.492	2.631	2.577	3.108
.930	430.896	379.467	1350.942	2.634	2.579	3.131
.940	435.024	381.909	1431.862	2.639	2.582	3.156
.950	439.782	384.668	1530.261	2.643	2.585	3.185
.960	445.437	387.883	1654.767	2.649	2.589	3.219
.970	452.490	391.802	1822.117	2.656	2.593	3.261
.980	462.039	396.976	2071.584	2.665	2.599	3.316
.990	477.499	405.083	2537.072	2.679	2.608	3.404

a) Base del logaritmo = 10.

Fuente: Alzamora, Poblete 2012

Análisis PROBIT para encontrar la dosis mínima letal DL50 de CO₂ para Orestias (O. agassii):

En el cuadro .6 se observa la dosis de CO₂ a la cual fueron expuestos las Orestias (O. agassii) y su posterior deceso:

Cuadro .6

DOSIS CO ₂ mg/L	TAMAÑO DE MUESTRA	CASOS (muertes)
117	5	0
147	5	0
174	5	0
209	5	0
236	5	0
291	5	0
332	5	3
368	2	0
395	2	0
433	2	0
449	2	0
462	2	2

Los resultados muestran:

Cuadro .7

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error típico	7	Sin	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
PROBIT(ā)	Dosis	5.931	2.900	2.045	.041	.247	11.615
	Intersección	-15.954	7.448	-2.142	.032	-23.402	-8.506

a) Modelo PROBIT: PROBIT(n) = Intersección + BX (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo en base 10.000.)

El modelo ajustado para esta aplicación es:

$$\phi^{-1}(P) = -15.954 + 5.931 * \log \text{DOSIS}$$

Cuadro. 8
Contrastes de chi-cuadrado

	Chi-cuadrado	gl(a)	Sig.
PROBIT Contraste de la bondad de ajuste de Pearson	14.579	9	.103(b)

a) Los estadísticos basados en casos individuales difieren de los estadísticos basados en casos agregados.

b) Como el nivel de significación es mayor que .050, no se utiliza un factor de heterogeneidad en el cálculo de los límites de confianza.

Se presenta la prueba de bondad de ajuste:

El contraste de la bondad de ajuste de Pearson (14.579) mediante las hipótesis:

H₀: El modelo está bien ajustado. (P>0.05)

H₁: El ajuste del modelo no es bueno. (P<0.05).

P=0.103>0.05 permite concluir que no hay razones para dudar del modelo, es decir se presenta un buen ajuste del modelo Probit.

Para alcanzar un 50% de mortalidad en las orestias (*O. agassii*) en el tratamiento 1 se requiere una dosis de 490 mg/L de CO₂.

Bloensavo 2

- Límites de confianza DL50 para *T. incae*

Cuadro .9

Probabilidad	Límites de confianza al 95% para Dosis			Límites de confianza al 95% para log(Dosis)(a)		
	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación	Límite inferior	Límite superior
PROBIT .010	198.474	nan	317.362	2.298	-3.812	2.502
.020	220.630	.002	347.139	2.344	-2.725	2.541
.030	235.952	.009	370.614	2.373	-2.039	2.569
.040	248.177	.030	391.927	2.395	-1.527	2.593
.050	258.586	.077	412.627	2.413	-1.112	2.616
.060	267.789	.173	433.584	2.428	-.761	2.637
.070	276.127	.349	455.440	2.441	-.457	2.658
.080	283.813	.651	478.767	2.453	-.186	2.680
.090	290.989	1.139	504.153	2.464	.057	2.703
.100	297.754	1.895	532.255	2.474	.278	2.726
.150	327.481	13.858	748.263	2.515	1.142	2.874
.200	353.209	51.230	1289.986	2.548	1.710	3.111
.250	376.886	110.804	2921.573	2.576	2.045	3.466
.300	399.499	168.254	8014.998	2.602	2.226	3.904
.350	421.662	213.534	23694.385	2.625	2.329	4.375
.400	443.829	248.694	71342.120	2.647	2.396	4.853
.450	466.385	277.165	215511.331	2.669	2.443	5.333
.500	489.701	301.391	654510.718	2.690	2.479	5.816
.550	514.183	322.966	2017108.915	2.711	2.509	6.305
.600	540.314	342.971	6394775.762	2.733	2.535	6.806
.650	568.718	362.217	21233131.481	2.755	2.559	7.327
.700	600.200	381.400	70000000.000	2.775	2.581	7.870
.750	636.285	401.253	299574812.602	2.804	2.603	8.477
.800	678.939	422.699	1393016569.837	2.832	2.626	9.144
.850	732.270	447.220	6001040000.000	2.855	2.651	9.824
.900	805.386	477.867	80740769844.52	2.906	2.679	10.907
.910	824.111	485.285	139587316371.3	2.916	2.686	11.145
.920	844.947	493.365	252000000000.1	2.927	2.693	11.403
.930	868.467	502.282	486901073061.3	2.939	2.701	11.687
.940	895.509	512.290	1011534041116.175	2.952	2.710	12.005
.950	927.379	523.780	2329567639215.449	2.967	2.719	12.367
.960	966.276	537.401	6210036700357.650	2.985	2.730	12.793
.970	1016.337	554.350	20739790036703.000	3.007	2.744	13.317
.980	1086.922	577.284	10311171164833.800	3.036	2.761	14.013
999	1200.200	614.000	12032830304701.000	3.062	2.769	15.112
			21.000			

Análisis PROBIT para encontrar la dosis mínima letal DL50 de CO₂ para wuitas (*T. incaea*):

En el cuadro .10 se observa la dosis de CO₂ a la cual fueron expuestos las wuitas (*T. incaea*) y su posterior deceso:

Cuadro .10

DOSIS CO ₂ mg/L	TAMAÑO MUESTRAL	CASOS (muertes)
96	6	0
126	6	0
146	6	0
176	6	0
209	6	0
259	6	0
297	6	0
334	6	3
372	3	0
397	3	3

Los resultados muestran:

Cuadro .11

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error típico	Z	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PROBIT(Dosis	19.071	8.168	2.335	.020	3.062	35.079
∅) Intersección	-48.763	20.767	-2.348	.040	60.530	27.006

a) Modelo PROBIT: PROBIT(p) = Intersección + BX (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo en base 10.000.)

El modelo ajustado para esta aplicación es:

$$\phi^{-1}(P) = -48.763 + 19.071 * \log \text{DÓISIS.}$$

Cuadro. 12

Contrastes de chi-cuadrado

	Chi-cuadrado	gl(a)	Sig.
PROBIT Contraste de la bondad de ajuste de Pearson	7.383	7	.390(b)

a) Los estadísticos basados en casos individuales difieren de los estadísticos basados en casos agregados.

b) Como el nivel de significación es mayor que .050, no se utiliza un factor de heterogeneidad en el cálculo de los límites de confianza.

Se presenta la prueba de bondad de ajuste:

El contraste de la bondad de ajuste de Pearson (7.383) mediante las hipótesis:

Ho: El modelo está bien ajustado. ($P > 0.05$).

Hi: El ajuste del modelo no es bueno. ($P < 0.05$).

$P = 0.390 > 0.05$ permite concluir que no hay razones para dudar del modelo, es decir se presenta un buen ajuste del modelo Probit.

Para alcanzar un 50% de mortalidad en las wuitas (*t. incae*) en el tratamiento 2 se requiere una dosis de 361 mg/L de CO₂.

• Límites de confianza DL 50 *O. agassii*

Cuadro .13

Probabilidad	Límites de confianza al 95% para Dosis			Límites de confianza al 95% para log(Dosis)(a)		
	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación	Límite inferior	Límite superior
PROBIT .010	253.791	.000	317.362	2.298	-3.812	2.502
.020	270.779	.002	347.139	2.344	-2.725	2.541
.030	282.142	.009	370.614	2.373	-2.039	2.569
.040	291.003	.030	391.927	2.395	-1.527	2.593
.050	298.416	.077	412.627	2.413	-1.112	2.616
.060	304.874	.173	433.584	2.428	-.761	2.637
.070	310.651	.349	455.440	2.441	-.457	2.658
.080	315.917	.651	478.767	2.453	-.186	2.680
.090	320.783	1.139	504.153	2.464	.057	2.703
.100	325.329	1.895	532.255	2.474	.278	2.726
.150	344.846	13.858	748.263	2.515	1.142	2.874
.200	361.188	51.230	1289.986	2.548	1.710	3.111
.250	375.825	110.804	2921.573	2.576	2.045	3.466
.300	389.473	168.254	8014.998	2.602	2.226	3.904
.350	402.563	213.534	23694.385	2.625	2.329	4.375
.400	415.390	248.694	71342.120	2.647	2.396	4.853
.450	428.190	277.165	215511.331	2.669	2.443	5.333
.500	441.172	301.391	654510.718	2.690	2.479	5.816
.550	454.547	322.966	2017108.915	2.711	2.509	6.305
.600	468.553	342.971	6394775.762	2.733	2.535	6.806
.650	483.483	362.217	21233131.481	2.755	2.559	7.327
.700	499.732	381.403	75655771.684	2.778	2.581	7.879
.750	517.881	401.253	299574812.602	2.804	2.603	8.477
.800	538.867	422.699	1393016569.837	2.832	2.626	9.144
.850	564.404	447.223	8391046375.090	2.865	2.651	9.924
.900	598.263	477.867	80740769844.522	2.906	2.679	10.907
.910	606.741	485.285	139587316371.358	2.916	2.686	11.145
.920	616.087	493.365	253063091202.129	2.927	2.693	11.403
.930	626.530	502.282	486901073061.313	2.939	2.701	11.687
.940	638.402	512.290	1011534041116.17	2.952	2.710	12.005
.950	652.218	523.780	2329567639215.48	2.967	2.719	12.367
.960	668.832	537.401	6210036700357.65	2.985	2.730	12.793
.970	689.838	554.350	20739790036703.6	3.007	2.744	13.317
.980	718.786	577.284	103111711648333.	3.036	2.761	14.013
.990	766.899	614.509	1293283039479121	3.082	2.789	15.112

Análisis PROBIT para encontrar la dosis mínima letal DL50 de CO² para orestias (*O. agassii*):

En el cuadro .14 se observa la dosis de CO₂ a la cual fueron expuestos las orestias (*O. agassii*) su posterior deceso:

Cuadro .14

DOSIS CO ₂ mg/L	TAMAÑO MUESTRAL	CASOS (muertes)
96	4	0
126	4	0
146	4	0
176	4	0
209	4	0
259	4	0
297	4	0
334	4	0
372	4	2
397	2	0
443	2	0
451	2	2

Los resultados muestran:

Cuadro .15

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error típico	Z	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PROBIT(a) Dosis	9.688	5.276	1.836	.066	-.654	20.030
Intersección	-25.621	13.559	-1.890	.059	-39.180	-12.061

a) Modelo PROBIT: PROBIT(p) = Intersección + BX (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo en base 10.000.)

El modelo ajustado para esta aplicación es:

$$\phi^{-1}(P) = -25.621 + 9.688 \cdot \log \text{DOSIS.}$$

Cuadro. 16

Contrastes de chi-cuadrado

	Chi-cuadrado	gl(a)	Sig.
PROBIT Contraste de la bondad de ajuste de Pearson	7.099	9	.627(b)

a) Los estadísticos basados en casos individuales difieren de los estadísticos basados en casos agregados.

b) Como el nivel de significación es mayor que .050, no se utiliza un factor de heterogeneidad en el cálculo de los límites de confianza.

Se presenta la prueba de bondad de ajuste:

El contraste de la bondad de ajuste de Pearson (7.099) mediante las hipótesis:

Ho: El modelo está bien ajustado. ($P > 0.05$)

Hi: El ajuste del modelo no es bueno. ($P < 0.05$).

$P = 0.627 > 0.05$ permite concluir que no hay razones para dudar del modelo, es decir se presenta un buen ajuste del modelo Probit.

Para alcanzar un 50% de mortalidad en las orestias (*O. agassii*) en el tratamiento 2 se requiere una dosis de 442 mg/L de CO₂.

Bioensayo 3

- Límites de confianza DL 50 *T. incae*

Cuadro .17

Probabilidad	Límites de confianza al 95% para Dosis			Límites de confianza al 95% para log(Dosis)(a)		
	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación	Límite inferior	Límite superior
PROBIT .010	149.181	.000	220.975	2.174	-3.308	2.344
.020	160.213	.003	233.509	2.205	-2.572	2.368
.030	167.632	.008	242.581	2.224	-2.107	2.385
.040	173.439	.017	250.179	2.239	-1.758	2.398
.050	178.310	.034	256.982	2.251	-1.475	2.410
.060	182.564	.058	263.316	2.261	-1.235	2.420
.070	186.378	.095	269.370	2.270	-1.024	2.430
.080	189.859	.146	275.266	2.278	-.837	2.440
.090	193.082	.215	281.089	2.286	-.667	2.449
.100	196.098	.309	286.910	2.292	-.511	2.458
.150	209.091	1.342	317.756	2.320	.128	2.502
.200	220.028	4.179	355.907	2.342	.621	2.551
.250	229.867	10.612	409.426	2.361	1.026	2.612
.300	239.076	23.060	493.418	2.379	1.363	2.693
.350	247.939	43.418	639.454	2.394	1.638	2.806
.400	256.653	70.783	914.463	2.409	1.850	2.961
.450	265.375	100.781	1456.760	2.424	2.003	3.163
.500	274.248	128.836	2551.306	2.438	2.110	3.407
.550	283.418	152.996	4810.072	2.452	2.185	3.682
.600	293.049	173.403	9626.010	2.467	2.239	3.983
.650	303.349	190.921	20382.754	2.482	2.281	4.309
.700	314.594	206.466	45991.800	2.498	2.315	4.663
.750	327.199	220.848	112593.257	2.515	2.344	5.052
.800	341.829	234.833	309310.594	2.534	2.371	5.490
.850	359.710	249.312	1016398.439	2.556	2.397	6.007
.900	383.544	265.741	4593364.519	2.584	2.424	6.662
.910	389.533	269.502	6621248.266	2.591	2.431	6.821
.920	396.146	273.519	9855312.211	2.598	2.437	6.994
.930	403.546	277.863	15269274.068	2.606	2.444	7.184
.940	411.975	282.637	24913081.601	2.615	2.451	7.396
.950	421.804	287.999	43569756.985	2.625	2.459	7.639
.960	433.651	294.208	84085391.207	2.637	2.469	7.925
.970	448.672	301.738	188869699.459	2.652	2.480	8.276
.980	469.449	311.629	554531507.531	2.672	2.494	8.744
.990	504.167	327.081	3035559099.211	2.703	2.515	9.482

a) Base del logaritmo = 10.

Fuente: Alzamora, Poblete 2012

Análisis PROBIT para encontrar la dosis mínima letal DL50 de CO₂ para wuitas (*T. incae*):

En el cuadro .18 se observa la dosis de CO₂ a la cual fueron expuestos las wuitas (*T. incae*) y su posterior deceso:

Cuadro .18

DOSIS CO ₂ mg/L	TAMAÑO MUESTRAL	CASOS (MUERTE)
88	4	0
117	4	0
148	4	0
171	4	0
205	4	0
213	4	2
284	2	0
330	2	2

Los resultados muestran:

Cuadro .19

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error típico	Z	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PROBIT(Dosis	8.798	4.301	2.045	.041	.367	17.228
a) Intersección	-21.450	10.390	-2.065	.039	-31.839	-11.060

a) Modelo PROBIT: PROBIT(p) = Intersección + BX (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo en base 10.000.)

El modelo ajustado para esta aplicación es:

$$\phi^{-1}(P) = -21.450 + 8.798 \cdot \log \text{DOSIS.}$$

Cuadro. 20

Contrastes de chi-cuadrado

	Chi-cuadrado	gl(a)	Sig.
PROBIT Contraste de la bondad de ajuste de Pearson	7.074	5	.215(b)

a) Los estadísticos basados en casos individuales difieren de los estadísticos basados en casos agregados.

b) Como el nivel de significación es mayor que .050, no se utiliza un factor de heterogeneidad en el cálculo de los límites de confianza.

Se presenta la prueba de bondad de ajuste:

El contraste de la bondad de ajuste de Pearson (7.074) mediante las hipótesis:

Ho: El modelo está bien ajustado. ($P > 0.05$)

Hi: El ajuste del modelo no es bueno. ($P < 0.05$).

$P = 0.215 > 0.05$ permite concluir que no hay razones para dudar del modelo, es decir se presenta un buen ajuste del modelo Probit.

Para alcanzar un 50% de mortalidad en las wuitas (*T. incae*) en el tratamiento 3 se requiere una dosis de 274 mg/L de CO₂.

• Límites de confianza DL 50 *O. agassii*

Cuadro .21

Probabilidad	Límites de confianza al 95% para Dosis			Límites de confianza al 95% para log(Dosis)(a)		
	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación	Límite inferior	Límite superior
PROBIT .010	215.853	1.188	315.737	2.334	.075	2.499
.020	238.609	2.886	337.668	2.378	.460	2.528
.030	254.275	5.054	353.381	2.405	.704	2.548
.040	266.734	7.688	366.458	2.426	.886	2.564
.050	277.318	10.794	378.132	2.443	1.033	2.578
.060	286.657	14.385	388.998	2.457	1.158	2.590
.070	295.103	18.475	399.404	2.470	1.267	2.601
.080	302.877	23.080	409.583	2.481	1.363	2.612
.090	310.124	28.215	419.709	2.492	1.450	2.623
.100	316.949	33.893	429.921	2.501	1.530	2.633
.150	346.840	70.686	486.463	2.540	1.849	2.687
.200	372.595	120.619	564.070	2.571	2.081	2.751
.250	396.208	178.213	685.584	2.598	2.251	2.836
.300	418.687	233.757	884.224	2.622	2.369	2.947
.350	440.654	280.172	1200.827	2.644	2.447	3.079
.400	462.563	316.808	1686.070	2.665	2.501	3.227
.450	484.796	346.137	2413.622	2.686	2.539	3.383
.500	507.720	370.673	3500.184	2.706	2.569	3.544
.550	531.729	392.237	5136.869	2.726	2.594	3.711
.600	557.287	412.080	7647.336	2.746	2.615	3.884
.650	584.994	431.119	11605.469	2.767	2.635	4.065
.700	615.687	450.117	18093.083	2.789	2.653	4.258
.750	650.617	469.848	29322.916	2.813	2.672	4.467
.800	691.851	491.285	50359.753	2.840	2.691	4.702
.850	743.224	515.973	94875.203	2.871	2.713	4.977
.900	813.317	547.076	211165.868	2.910	2.738	5.325
.910	831.215	554.644	256283.883	2.920	2.744	5.409
.920	851.105	562.904	316333.084	2.930	2.750	5.500
.930	873.526	572.037	398784.300	2.941	2.757	5.601
.940	899.264	582.310	516608.958	2.954	2.765	5.713
.950	929.547	594.130	694177.600	2.968	2.774	5.841
.960	966.430	608.175	982479.972	2.985	2.784	5.992
.970	1013.784	625.698	1506317.317	3.006	2.796	6.178
.980	1080.345	649.477	2659683.012	3.034	2.813	6.425
.990	1194.237	688.209	6521840.836	3.077	2.838	6.814

a Base del logaritmo = 10.

Fuente: Alzamora, Poblete 2012

Análisis PROBIT para encontrar la dosis mínima letal DL50 de CO₂ para orestias (*O. agassii*):

En el cuadro .22 se observa la dosis de CO₂ a la cual fueron expuestos las wuitas (*T. incae*) y su posterior deceso.

Cuadro .22

DOSIS CO ₂ mg/L	TAMAÑO MUESTRAL	CASOS (MUERTE)
88	6	0
117	6	0
148	6	0
171	6	0
205	6	0
213	6	0
284	6	0
330	6	2
364	6	0
393	6	3
422	3	0
447	3	0
460	3	0
472	3	3

Los resultados muestran:

Cuadro .23

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error típico	Z	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PROBIT(a) Dosis	6.263	2.840	2.205	.027	.696	11.829
Intersección	-16.944	7.431	-2.280	.023	-24.376	-9.513

a) Modelo PROBIT: PROBIT(p) = Intersección + BX (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo en base 10.000.)

El modelo ajustado para esta aplicación es:

$$\phi^{-1}(P) = -16.944 + 6.263 \cdot \log \text{DOSIS.}$$

Cuadro 24

Contrastes de chi-cuadrado

	Chi cuadrado	g(d)	Sig.
PROBIT Contraste de la bondad de ajuste de Pearson	15.624	11	.156(b)

a) Los estadísticos basados en casos individuales difieren de los estadísticos basados en casos agregados.

b) Como el nivel de significación es mayor que .050, no se utiliza un factor de heterogeneidad en el cálculo de los límites de confianza.

Se presenta la prueba de bondad de ajuste:

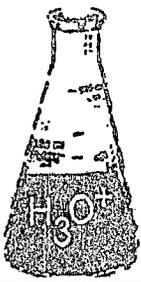
El contraste de la bondad de ajuste de Pearson (15.624) mediante las hipótesis:

H₀: El modelo está bien ajustado. ($P > 0.05$)

H₁: El ajuste del modelo no es bueno. ($P < 0.05$).

$P = 0.156 > 0.05$ permite concluir que no hay razones para dudar del modelo, es decir se presenta un buen ajuste del modelo Probit.

Para alcanzar un 50% de mortalidad en las orestias (*O. agassii*) en el tratamiento 3 se requiere una dosis de 508 mg/L de CO₂.



AQUALAB

Laboratorio de Ciencias Naturales: Análisis de aguas, suelos y servicios afines
COVIDUC A-4 San Sebastián - Cusco
Telf. 271966 RUC.: 10238163001

INFORME DE ANÁLISIS DE AIRE

SOLICITANTES:

Br. Ivonne Alzamora Taype

Br. Milagros Poblete Loyola

Tesistas de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Tesis "Evaluación de Gases Efecto Invernadero en el valle del Cusco".

1.- RESULTADOS DE EVALUACION DE GASES EN EL AIRE DEL VALLE DEL CUSCO.

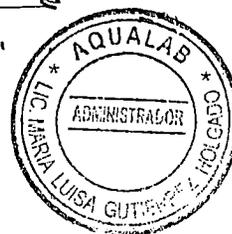
a. Dióxido de Carbono.

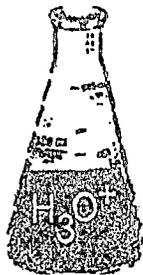
Puntos de Muestreo	CO ₂ ppm		
	Enero 2010	Enero 2011	Enero 2012
Piñipampa	22	33	44
Huacarpay	11	27	40
Oropesa	11	14	18
Pillao Matao	45	40	35
Hospital Regional	22	48	61
Serpost	66	65	62
Plaza de Armas	67	71	62
San Luis (Aeropuerto)	11	65	113
Arco Tica Tica	44	24	70



MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO

Reg. del Colegio de Ingenieros N° 16188





AQUALAB

Laboratorio de Ciencias Naturales: Análisis de aguas, suelos y servicios afines

COVIDUC A-4 San Sebastián - Cusco

Telf. 271966 RUC.: 10238163001

b. Oxido Nitroso.

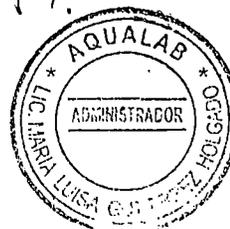
Puntos de Muestreo	NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$			ECA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Enero 2010	Enero 2011	Enero 2012	
Piñipampa	20	18	1	200
Huacarpay	7	20	1	200
Oropesa	11	24	2	200
Arco Tica Tica	21	33	3	200

c. Dióxido de Azufre.

Puntos de Muestreo	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$			ECA $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Enero 2010	Enero 2011	Enero 2012	
Piñipampa	185	161	172	80
Oropesa	90	124	142	80
Pillao Matao	144	186	275	80
Hospital Regional	196	203	225	80
San Luis (Aeropuerto)	96	111	121	80

MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO

Reg. del Colegio de Ingenieros N^o. 16180



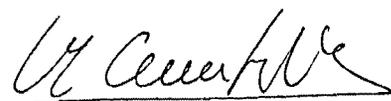


AQUALAB

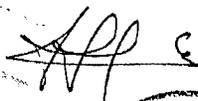
Laboratorio de Ciencias Naturales: Análisis de aguas, suelos y servicios afines
COVIDUC A-4 San Sebastián - Cusco
Telf. 271966 RUC.: 10238163001

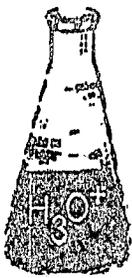
d. Acido Sulhídrico.

Puntos de Muestreo	H ₂ S µg/m ³			ECA µg/m ³
	Enero 2010	Enero 2011	Enero 2012	
Piñipampa	310	170	200	150
Huacarpay	20	10	44	150
Pillao Matao	230	15	400	150
San Luis (Aeropuerto)	12	20	22	150



MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N^o. 1618b





AQUALAB

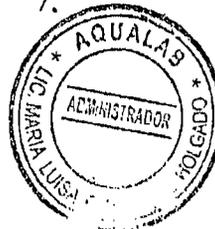
Laboratorio de Ciencias Naturales: Análisis de aguas, suelos y servicios afines
 COVIDUC A-4 San Sebastián - Cusco
 Telf. 271966 RUC.: 10238163001

2.- RESULTADO DEL BIOENSAYO: Repeticiones para *T. incae*

Muestras	HORA(am)	Tiempo de exposición de CO ₂ en minutos	pH				Concentración de CO ₂ mg/L				Muerte de Individuos			
			Repeticiones			Testigo	Repeticiones			Testigo	Repeticiones			Testigo
			1	2	3		1	2	3		5 indiv.	6 indiv.	4 indiv.	
Inicial	11:00	0 min	7.1	7.1	7.1	7.1	15	15	15	15	-	-	-	-
M1	11:03	3 min	6.9	6.9	6.9	7.1	117	96	88	15	-	-	-	-
M2	11:06	3 min	6.8	6.8	6.8	7.1	147	126	117	15	-	-	-	-
M3	11:12	3 min	6.7	6.6	6.7	7.1	174	146	148	15	-	-	-	-
M4	11:18	1.5 min	6.6	6.5	6.65	7.1	209	176	171	15	-	-	-	-
	11:20	1.5 min	6.6	6.5	6.65	7.1	236	209	205	15	3	-	-	-
M5	11:24	1.5 min	6.56	6.45	6.55	7.1	291	259	213	15	-	-	2	-
	11:25	1.5 min	6.56	6.45	6.55	7.1	332	297	284	15	-	-	-	-
M6	11:30	1.5min	6.5	6.4	6.5	7.1	368	334	330	15	2	3	2	-
	11:33	1.5min	-	6.4	-	7.1	-	372	-	15	-	-	-	-
M7	11:36	1.5min	-	6.2	-	7.1	-	397	-	15	-	-	-	-
	11:40	1.5min	-	6.2	-	7.1	-	443	-	15	-	3	-	-

Mario Cumpa Cayuri

MARIO CUMPA CAYURI
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N°. 16188





AQUALAB

Laboratorio de Ciencias Naturales: Análisis de aguas, suelos y servicios afines
 COVIDUC A-4 San Sebastián - Cusco
 Telf. 271966 RUC.: 10238163001

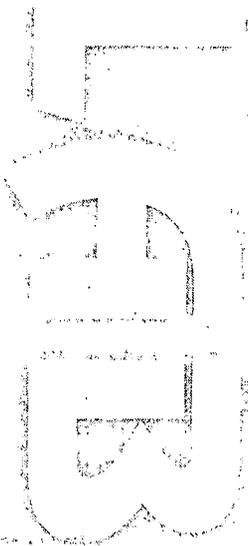
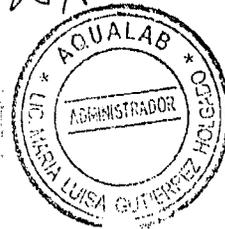
3.- RESULTADO DEL BIOENSAYO: Repeticiones para *O. agassii*

Muestras	HORA(am)	Tiempo de exposición de CO ₂ en minutos	pH				Concentración de CO ₂ mg/L				Muerte de Individuos			
			Repeticiones			Testigo	Repeticiones			Testigo	Repeticiones			Testigo
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
			5 indiv.	4 indiv.	6 indiv.	1 <i>O. agassii</i>								
Inicial	11:00	0 min	7.1	7.1	7.1	7.1	15	15	15	15	-	-	-	-
M1	11:03	3 min	6.9	6.9	6.9	7.1	117	96	88	15	-	-	-	-
M2	11:06	3 min	6.8	6.8	6.8	7.1	147	126	117	15	-	-	-	-
M3	11:12	3 min	6.7	6.6	6.7	7.1	174	146	148	15	-	-	-	-
M4	11:18	1.5 min	6.6	6.5	6.65	7.1	209	176	171	15	-	-	-	-
	11:20	1.5 min	6.6	6.5	6.65	7.1	236	209	205	15	-	-	-	-
M5	11:24	1.5 min	6.56	6.45	6.55	7.1	291	259	213	15	-	-	-	-
	11:25	1.5 min	6.56	6.45	6.55	7.1	332	297	284	15	3	-	-	-
M6	11:30	1.5 min	6.5	6.4	6.5	7.1	368	334	330	15	-	-	-	-
	11:33	1.5 min	6.5	6.4	6.5	7.1	395	372	364	15	-	2	-	-
M7	11:36	1.5 min	6.43	6.2	6.4	7.1	433	397	393	15	-	-	3	-
	11:40	1.5 min	6.43	6.2	6.4	7.1	449	443	422	15	-	-	-	-
M8	11:42	1.5 min	6.28	6	6.28	7.1	462	451	447	15	2	2	-	-
		1.5 min	-	-	6.28	7.1	-	-	460	15			-	-
M9	11:48	1.5 min	-	-	6.12	7.1	-	-	472	15			3	-

Mario Cumpa Cayuri

MARIO CUMPA CAYURI
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 16189

Lic. LUISA GUTIERREZ HOLGADO



**PERU****Ministerio
del Ambiente****Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI****Dirección Regional
de Cusco**

2007-2016 "DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"
"AÑO DE LA INTEGRACION NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"

ESTACIÓN GRANJA KAYRA

LATITUD
LONGITUD
ALTITUD

13° 33' 24.7"
71° 52' 29.8"
3219.m.s.n.m

DPTO.
PROV.
DIST.

CUSCO
CUSCO
SAN JERONIMO

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL EN (°C)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2002	20.8	18.8	19.8	19.8	20.8	20.7	18.2	20.6	21.7	21.8	21.7	20.7
2003	20.6	20.8	19.9	21.1	21.1	21.2	21.2	20.9	21.8	23.2	23.2	21.1
2004	20.2	20.8	21.2	21.6	21.7	20.1	19.9	19.7	21.4	22.3	22.1	21.8
2005	21.0	21.8	20.7	21.1	22.0	21.3	21.5	22.3	21.7	21.2	22.0	20.9
2006	19.1	20.7	19.9	20.4	21.1	20.4	21.3	21.8	22.3	21.2	20.8	20.4
2007	21.0	20.5	19.8	20.1	20.6	21.7	20.3	22.5	21.4			20.9
2008	19.0	20.5	19.7	21.1	21.0	21.2	21.4	22.5	22.4	21.5	22.4	20.5
2009	20.0	20.2	20.8	21.3	21.5	21.8	20.8	22.8	23.2	24.1	22.4	20.9
2010	20.4	21.1	21.4	22.2	21.9	22.1	22.4	23.4	23.6	22.6	23.1	21.1
2011	20.7	18.9	20.0	21.0	21.3	21.6	20.5	22.5	21.9	22.4	23.5	19.8

TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL EN (°C)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2002	7.0	8.0	7.2	5.1	0.5	0.6	0.4	0.5	3.9	6.1	5.9	7.5
2003	7.5	8.1	7.9	4.1	1.7	-1.0	-1.7	1.2	2.3	4.3	5.6	7.5
2004	8.2	7.2	5.9	4.0	0.6	-1.5	-0.9	0.3	4.1	5.6	6.0	6.4
2005	7.7	11.9	6.9	3.9	-0.2	-1.8	-2.2	0.0	2.8	6.3	6.1	7.3
2006	7.4	7.3	6.9	4.5	-1.5	0.1	-2.7	1.7	3.4	5.8	6.3	6.3
2007	7.7	7.5	7.3	4.4	1.7	-2.1	-0.6	0.2	2.2	4.7	5.8	6.2
2008	7.7	6.2	5.5	3.5	0.2	-1.3	-2.0	0.5	2.5	5.7	5.5	7.3
2009	7.1	6.8	5.8	4.4	0.4	-1.8	-0.6	0.3	3.2	4.4	7.8	7.2
2010	7.6	7.1	7.5	4.4	2.3	0.0	-0.7	-0.9	3.0	5.9	5.5	7.2
2011	7.2	7.8	7.1	4.6	0.1	-1.2	-0.8	0.8	3.8	5.3	5.6	6.4

Preparado para la Bachiller
MILAGROS POBLETE LOYOLA



Senamhi
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA
E HIDROLOGIA DEL PERU

Jr.: José Santos Chocano G-18
Urb. Santa Mónica- Cusco
Tel: 235481. R.P.M. *614724
Email: dr12-cusco@senamhi.gob.pe
www.senamhi.gob.pe

**PERÚ****Ministerio
del Ambiente****Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI****Dirección Regional
de Cusco**

2007-2016 "DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"
"AÑO DE LA INTEGRACION NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"

ESTACIÓN GRANJA KAYRA

LATITUD	13° 33' 24.7"	DPTO	CUSCO
LONGITUD	71° 52' 29.8"	PROV.	CUSCO
ALTITUD	3219.m.s.n.m	DIST.	SAN JERONIMO

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN (mm)

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8
2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9
2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0			88.4
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9
2010	268.5	168.5	129.2	16.6	1.3	0.0	1.4	4.7	8.2	70.0	40.0	172.7
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0.0	38.9	37.4	60.2	110.2

Preparado para la Bachiller
MILAGROS POBLETE LOYOLA



Jr.: José Santos Chocano G-18
Urb. Santa Mónica- Cusco
Tel: 235481, RPM. *614724
Email: dr12-cusco@senamhi.gob.pe
www.senamhi.gob.pe

2. Galería fotográfica

Estaciones de Muestreo



Foto N° 1 Pillao Matao



Foto N° 2 Piñipampa



Foto N° 3 Arco Tica Tica

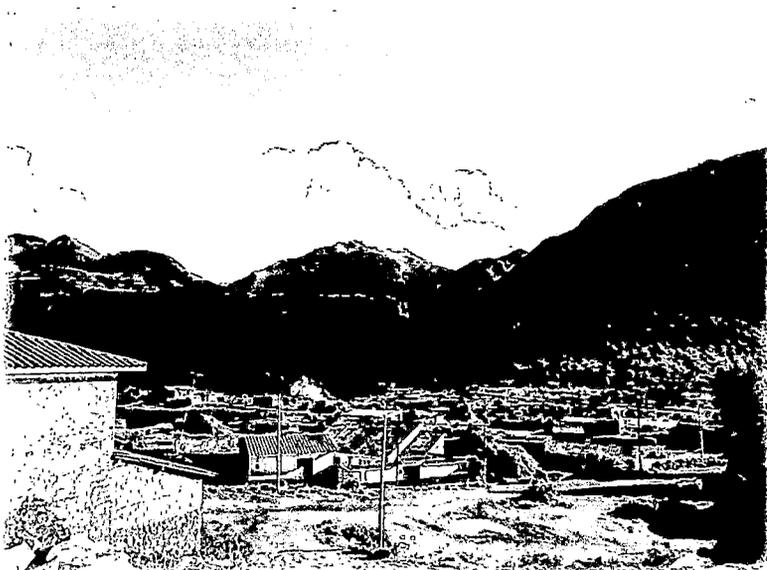


Foto N° 4 Oropesa



Foto N° 5 San Luis Aeropuerto

Toma de Muestras



Foto N° 6 Equipo para toma de muestras con reactivos.

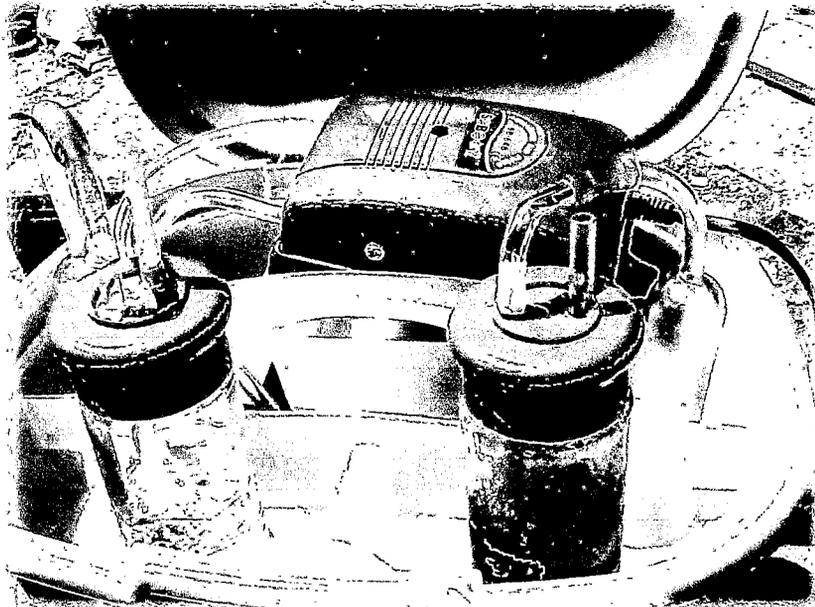


Foto N° 7 Equipo para la toma de muestras.

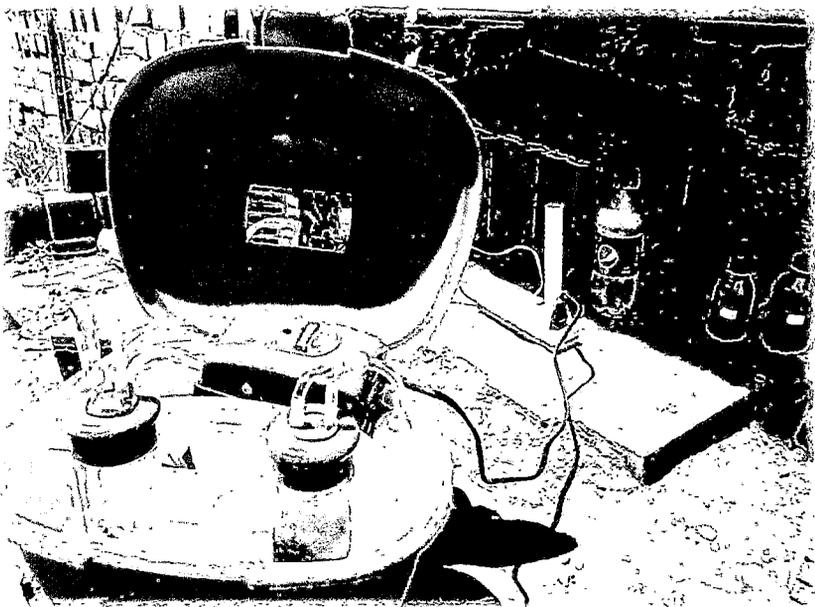


Foto N° 8 Toma de muestras en Pillao Matao.



Foto N° 9 Toma de muestras.

Bioensayo

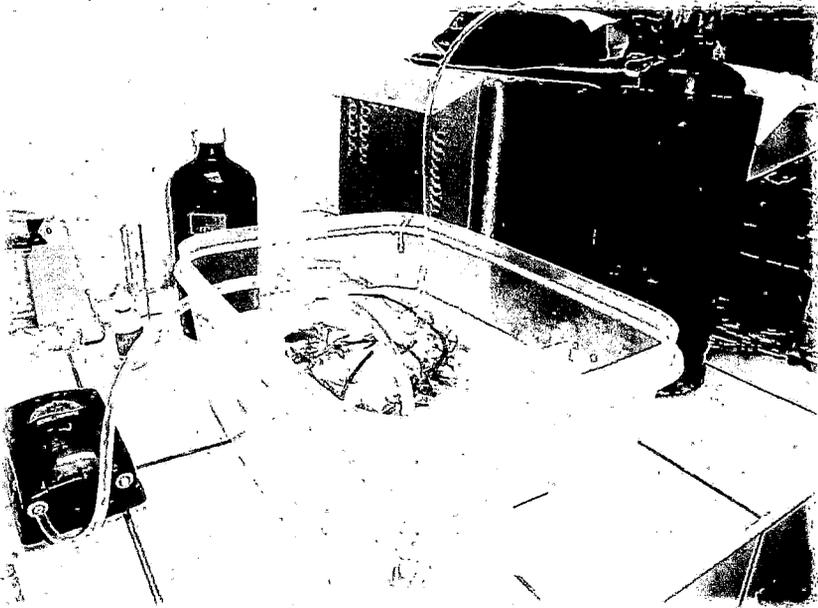


Foto N° 10 Equipo para el bioensayo.

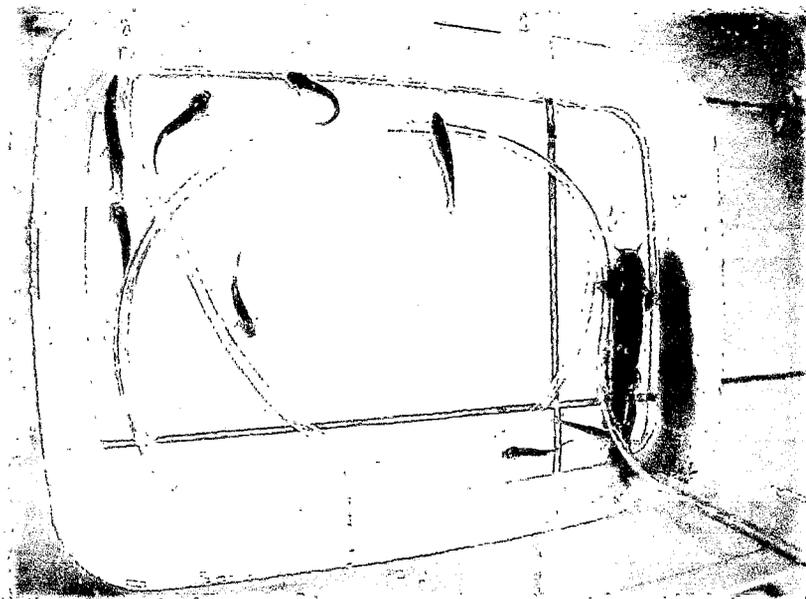


Foto N° 11 Especímenes en el bioensayo.



Foto N° 12 Especímenes en el bioensayo.



Foto N° 13 Especímenes sometidos a CO₂

Análisis en Laboratorio

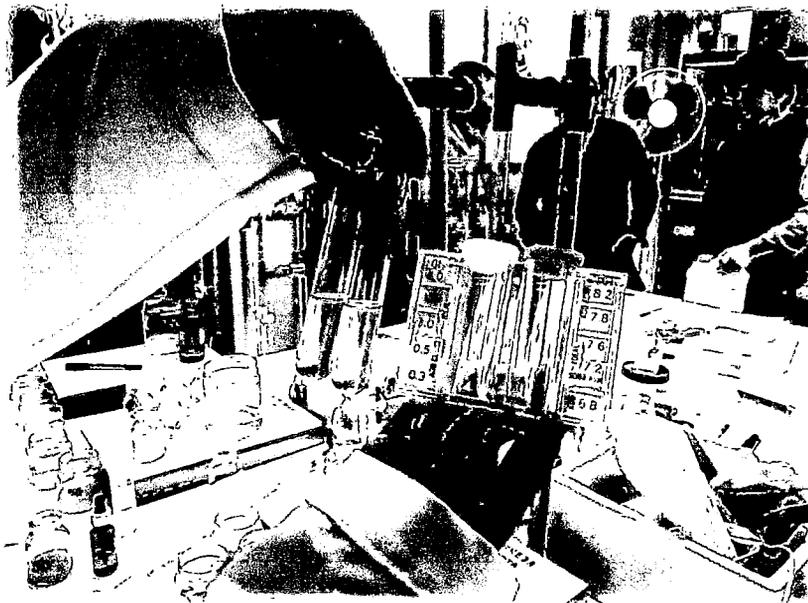


Foto N° 14 Medición de pH

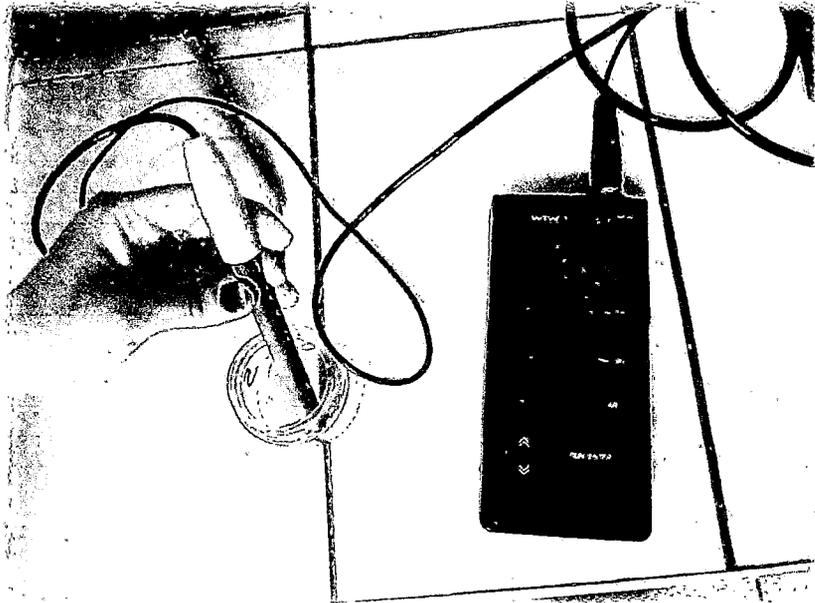


Foto N° 15 Medición de pH

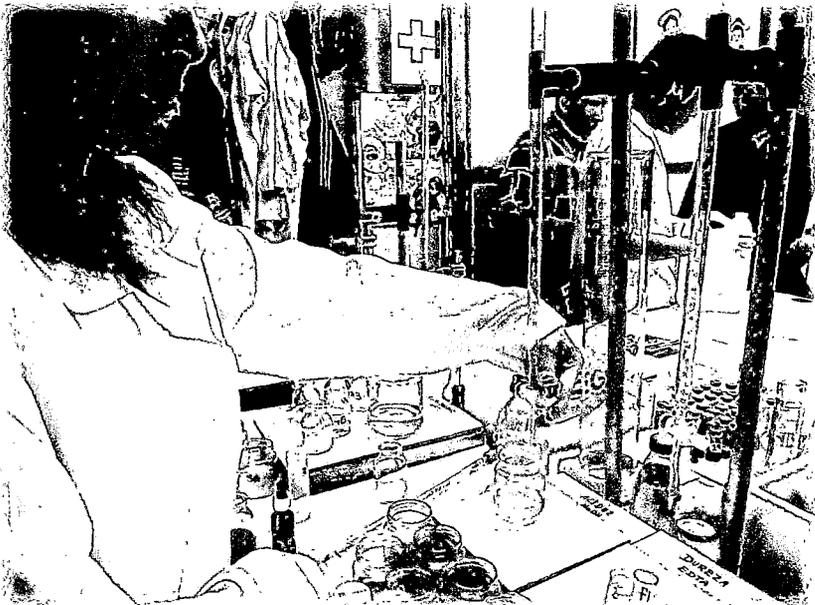


Foto N° 16 Titulación de muestras.