

# ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN UNA FABRICA DE PIENSOS

Dra. María Elena Iglesias Porraspita<sup>1</sup>, Dr. Osvaldo Cuesta Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Empresa Piensos Tropicales.

<sup>2</sup>Instituto de Meteorología.

**RESUMEN;** Para conocer con exactitud los problemas que confronta el medio ambiente atmosférico es imprescindible el estudio de las características físico-químicas de la atmósfera, la vigilancia de la calidad del aire, así como el pronóstico y la intensidad en que se desarrollan los procesos. Este trabajo persigue como objetivo principal realizar la caracterización de la calidad del aire en una Fábrica de Pienso, lo cual constituye el primer estudio que se lleva a cabo en una instalación de este tipo en el país.

En todos los casos se presentan valores máximos de concentración entre las 7.00 y las 10.00 horas. Este comportamiento puede estar asociado al inicio del proceso productivo diario (El encendido de la fábrica se efectúa a las 6.00) Luego se tiene que a partir de las 10.00 las concentraciones de los contaminantes comienzan a disminuir de forma general. Además, fueron detectadas concentraciones elevadas de H<sub>2</sub>S y NO<sub>2</sub> vinculadas a emisiones externas e internas respectivamente. Se recomiendan un conjunto de medidas que contribuirá a la disminución de las emisiones de polvos y gases a la atmósfera interior de la fábrica, y por consiguiente, se mejorarán las condiciones de trabajo y de vida de los trabajadores.

## Introducción.

Los trabajos de diagnóstico de la contaminación atmosférica revisten una importancia primordial para la selección e instrumentación de medidas que permitan una adecuada armonía entre las diversas actividades que se ejecutan en un territorio, de tal forma que no se perjudique el medio ambiente y sean compatibles las diferentes actividades socioeconómicas.

Este trabajo persigue como objetivo principal realizar la caracterización químico - meteorológica de la Fábrica de Pienso H5, el cual constituye el primer estudio que se lleva a cabo en una instalación de este tipo en el país. Para cumplir con el objetivo propuesto se organizó una expedición por espacio de 7 días, la cual posibilitó la obtención de una valiosa información. La fase experimental abarcó tres puntos de mediciones dentro de la fábrica:

1. Salón de Producción.
2. Sótano
3. Corredor de Oficinas.

Estos puntos de muestreo permiten caracterizar la calidad del aire de las áreas seleccionadas, de tal forma que se tenga un patrón general del comportamiento de las concentraciones de los gases contaminantes y algunos iones de interés presentes en muestras de aerosoles atmosféricos. En cada punto se planteó el programa de trabajo siguiente:

- Determinación de las concentraciones en el aire de Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ), Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ), Oxidos de Nitrógeno ( $NO$ ,  $NO_2$  y  $NO_x$ ) y Amoniacó ( $NH_3$ )
- Determinación de la concentración de los aerosoles atmosféricos (PST) así como su composición química (sulfato, cloruro, sodio y potasio)
- Análisis de las variables meteorológicas y su relación con la concentración de los gases contaminantes.

La fábrica de Piensos H5 se encuentra ubicada en la zona industrial del Anillo del Puerto del municipio Habana Vieja en los límites con el municipio Regla y muy próxima a la Bahía de la Habana. Cercanas a la fábrica se pueden ubicar importantes fuentes de contaminación atmosférica como son las Centrales Termoeléctricas Otto Parellada, Antonio Maceo y Frank País, así como la Refinería de Petróleo Níco López e instalaciones pertenecientes a la Industria Pesquera.

### **Materiales y Métodos**

Para cumplir con el objetivo propuesto se realizó un estudio de la calidad del aire en Fábrica de Piensos H5 de forma experimental, que abarcó los distintos recorridos del proceso productivo, de este modo que se organizó una expedición por espacio de 7 días. La fase experimental abarcó tres puntos de mediciones dentro de la fábrica:

- Salón de Producción.

- Sótano
- Corredor de Oficinas.

Estos puntos de muestreo permiten caracterizar la calidad del aire de las áreas seleccionadas, de tal forma que se tenga un patrón general del comportamiento de las concentraciones de los gases contaminantes y algunos iones de interés presentes en muestras de aerosoles atmosféricos. En cada punto se llevo a cabo un programa de monitoreo como sigue:

- Determinación de las concentraciones en el aire de Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ), Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ), Oxidos de Nitrógeno ( $NO$ ,  $NO_2$  y  $NO_x$ ) y Amoniacó ( $NH_3$ )
- Determinación de la concentración de los aerosoles atmosféricos (PST) así como su composición química (sulfato, cloruro, sodio y potasio)
- Análisis de las variables meteorológicas y su relación con la concentración de los gases contaminantes.

La metodología utilizada en este trabajo es la recomendada por la Organización Meteorológica Mundial (WMO 1990) y Norma Cubana NC 19-01-63 de 1991 y la NC: 39-1999, que son las oficialmente empleadas por el Centro de Contaminación y Química Atmosférica (CECONT) del Instituto de Meteorología.

### **Algunos aspectos sobre la tecnología de producción de Piensos.**

Esta fábrica comienza su funcionamiento en la década del 60. Los componentes principales (molinos, sinfines, etc.) son de fabricación cubana y soviética. Es importante detallar brevemente algunas etapas debido que pueden contribuir a la generación de sustancias contaminantes a la atmósfera.

Se procede al almacenamiento de las materias primas según las características de las mismas. Si vienen a granel se almacenarán en Silos o directamente en el piso cumpliendo los requisitos requeridos. Cuando se almacena directamente en el piso resulta de mucha importancia el periodo permitido para ello, ya que este periodo puede estar relacionado con el tiempo de descomposición de las materias primas, y de no cumplirse se pueden generar emanaciones por degradación

biológica o descomposición. La molienda es un proceso mecánico mediante el cual se disminuye el tamaño de las partículas de los componentes del pienso que requieran de este proceso. Esta actividad necesita ser desarrollada con la mayor calidad.

A partir de esta etapa de producción y debido al estado no óptimo de la fábrica, comienzan a incorporarse a la atmósfera interior de las instalaciones cantidades apreciables de polvo de escape, el cual se deposita y se recoge como "barredura", o se mantiene suspendido en el aire, siendo de esta forma respirable por los trabajadores. Los efectos negativos que se generan debido a los escapes de polvo de producción son, en primer lugar, que se pueden producir efectos nocivos directamente contra la salud de los trabajadores pues en la fábrica no se cuenta con las medidas de protección más elementales como son el uso de filtros bucales o "bozales" y de extractores en el techo y las paredes. Además, en el aspecto económico, se presentan pérdidas por barredura diariamente las cuales se pueden hacer cuantificables. Estos efectos negativos también pueden ser generados en otras etapas de producción como son **Mezclaje, Empaque, Carga del Vehículo**, entre otras.

En el caso que nos toca, las partículas son producidas y emitidas a la atmósfera por el propio proceso productivo que tiene lugar en la fábrica. Estas emisiones alcanzan un grado tal que nos permite despreciar la cantidad de partículas provenientes de otras fuentes. En el aire más limpio el  $\text{SO}_2$  puede alcanzar un tiempo de vida hasta dos o tres semanas; la concentración máxima admisible (Cma) para muestras instantáneas (20 minutos) para el  $\text{SO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{S}$  es de 500 y 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente en atmósfera abierta (NC, 1999), mientras que para locales cerrados la Cma de estos elementos es de 20  $\text{mg}/\text{m}^3$  (NC, 1991)

El  $\text{NO}$  y el  $\text{NH}_3$  también provocan efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente atmosférico cuando sus concentraciones están por encima del nivel natural. La Cma del  $\text{NO}$  y el  $\text{NH}_3$  es 600 y 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente, y para el  $\text{NO}_2$  es de 85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para muestras instantáneas de 20 minutos en atmósfera

abierta, mientras que en áreas de trabajo (locales cerrados) es de  $10 \text{ mg/m}^3$  para los  $\text{NO}_x$  y  $20 \text{ mg/m}^3$  para el  $\text{NH}_3$ .

### **Principales contaminantes y sus fuentes.**

Las partículas de aerosoles atmosféricos se producen directamente por los procesos naturales y por la actividad del hombre. Algunas partículas se forman y se liberan sobre superficies terrestres o marinas, mientras que otras tienen su origen en reacciones químicas que se producen entre los gases en la atmósfera libre. En el material particulado normalmente se presta una atención a las partículas con diámetro  $\leq 10 \mu\text{m}$  por sus efectos sobre la salud humana, no obstante permanece el interés público por las partículas mayores dadas las molestias y perjuicios que ocasionan por su deposición e impactación en objetos y superficies.

Las partículas ingresan al organismo casi exclusivamente a través del aparato respiratorio. Esta penetración ocurre en función del tamaño de las partículas ingresando en mayor cantidad y a mayor profundidad en la medida que disminuyen de tamaño, explicando así su mayor respirabilidad. Esta dependencia es un resultado de las características del sistema respiratorio.

Las partículas de tamaño menor o igual a  $2\mu\text{m}$ , son 100% respirables, es decir, se depositan al nivel de los pulmones. En el tracto respiratorio superior, las partículas de más de  $5\mu\text{m}$  de diámetro son filtradas desde el aire inhalado por la acción conjunta de los cilios del conducto nasal y mucosa que cubre la cavidad nasal y traquea. Las partículas de diámetro entre  $0,5 \mu\text{m}$  pueden depositarse hasta en los bronquios, pero pocas llegan a los alvéolos pulmonares. Estas partículas son generalmente eliminadas por los cilios de los bronquios y bronquiolos al cabo de algunas horas. Las partículas de diámetro inferior a  $0,5 \mu\text{m}$  pueden traspasar los mecanismos de defensa del tracto respiratorio superior, penetrar profundamente en las vías respiratorias e instalarse en los alvéolos. Su eliminación no es ni tan

rápida ni tan completa como la que ocurre en los conductos más grande y su tiempo de residencia puede prolongarse por largo tiempo.

En el caso que nos toca, las partículas son producidas y emitidas a la atmósfera por el propio proceso productivo que tiene lugar en la fabrica. Estas emisiones alcanzan un grado tal que nos permite despreciar la cantidad de partículas provenientes de otras fuentes.

Entre los elementos presentes en estas partículas pueden encontrarse además de proteínas y nutrientes como principales componentes, metales pesados en niveles superiores a su nivel natural lo que puede constituir un riesgo para la salud humana ya sea por inhalación, ingestión u otros medios. Se presta una especial atención en las partículas de tamaño menor a 10 micrómetros por sus efectos sobre la salud humana, no obstante permanece el interés por las partículas mayores dadas las molestias y perjuicios que ocasionan por su deposición e impactación en objetos y superficies.

El sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y el dióxido de azufre ( $SO_2$ ) son gases incoloros, más pesados que el aire. El sulfuro de hidrógeno presenta un olor repugnante característico (la sensación olfativa no aumenta en proporción a la concentración del gas en el aire; puede incluso ocurrir que el olor particular, detectable a muy débil concentración, se atenúe o desaparezca a concentraciones elevadas). Es un producto tóxico que puede provocar intoxicaciones de diversas intensidades. Las más agudas se producen como consecuencia de una inhalación masiva de sulfuro de hidrógeno, se manifiesta por trastornos respiratorios, contracciones, pérdida del conocimiento, cefalea y náuseas. Las intoxicaciones subagudas, son más frecuentes y presentan signos de irritación ocular; conjuntivitis dolorosas con lagrimeo y fotofobia alcanzando la cornea con erosiones puntiformes. El dióxido de azufre también produce afectaciones sobre las vías respiratorias y la vista.

El tiempo de permanencia del  $\text{SO}_2$  y del  $\text{H}_2\text{S}$  en la atmósfera es relativamente pequeña, debido a múltiples reacciones catalíticas, fotoquímicas y otras que producen su oxidación y transformación en sulfatos, principalmente en regiones industriales en presencia de amoníaco (en estos lugares el tiempo de permanencia de estos elementos puede alcanzar solo algunas horas) (Cuesta et al, 1999). En el aire más limpio el  $\text{SO}_2$  puede alcanzar un tiempo de vida hasta dos o tres semanas; la concentración máxima admisible (Cma) para muestras instantáneas (20 minutos) para el  $\text{SO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{S}$  es de 500 y 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente en atmósfera abierta (NC, 1999), mientras que para locales cerrados la Cma de estos elementos es de 20  $\text{mg}/\text{m}^3$  (NC, 1991)

Entre las fuentes antropogénicas, la industria química y de fertilizantes son en términos generales las principales productoras de amoníaco, mientras que el transporte vehicular y la industria energética lo es del óxido nítrico, estos dos compuestos de nitrógeno son fuentes importantes de  $\text{NO}_2$ , ya que ambos son transformados por múltiples reacciones en la atmósfera. El  $\text{NO}$  y el  $\text{NH}_3$  también provocan efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente atmosférico cuando sus concentraciones están por encima del nivel natural. La Cma del  $\text{NO}$  y el  $\text{NH}_3$  es 600 y 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente, y para el  $\text{NO}_2$  es de 85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para muestras instantáneas de 20 minutos en atmósfera abierta, mientras que en áreas de trabajo (locales cerrados) es de 10  $\text{mg}/\text{m}^3$  para los  $\text{NO}_x$  y 20  $\text{mg}/\text{m}^3$  para el  $\text{NH}_3$ .

Las fuentes externas que pueden influir sobre la calidad del aire en la zona de estudio se presentan a continuación:

- Instalaciones de la Industria Pesquera (Frigoríficos)
- Transporte Automotor
- Actividad Portuaria
- Refinería de Petróleo Níco López.
- Zona de aguas muertas de la Bahía (Fuente natural)
- Termoeléctricas Otto Parellada, Antonio Maceo y Frank País.

## Resultados Experimentales. Marchas diarias de los Contaminantes.

Los análisis de la variación diaria del nivel de las concentraciones de los contaminantes en el aire tiene una gran importancia en las evaluaciones de impacto de la contaminación. Este análisis es también un complemento necesario para la valoración del promedio anual pues permite mayor detalle de los niveles de contaminación que reciben las diferentes zonas con relación al horario del día.

La Figura 1 y 2 reflejan la marcha diaria para las PST, el H<sub>2</sub>S y el NO<sub>2</sub>, pues estos son los compuestos que están influyendo de forma directa en el deterioro de la calidad del aire en la zona de estudio.

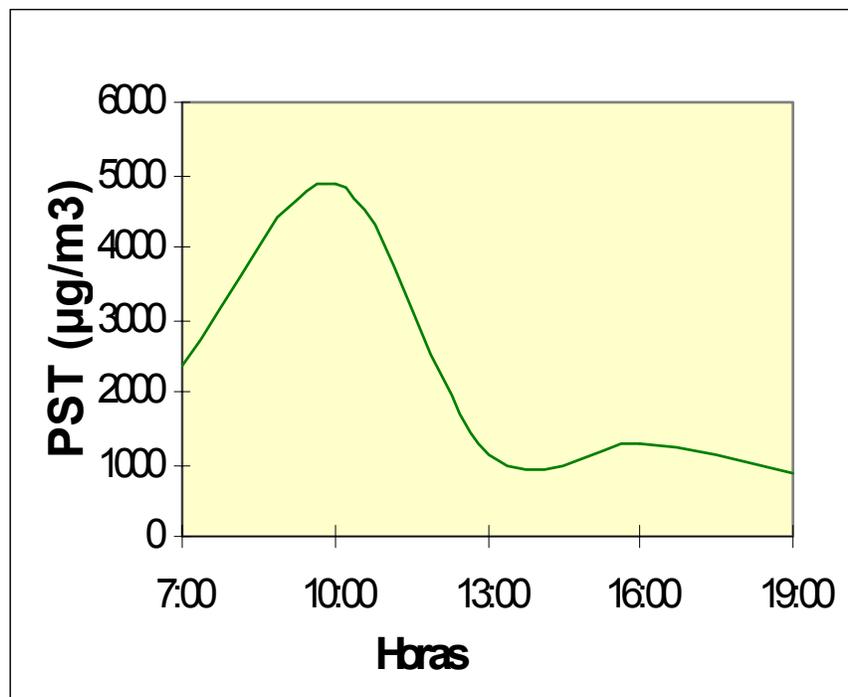
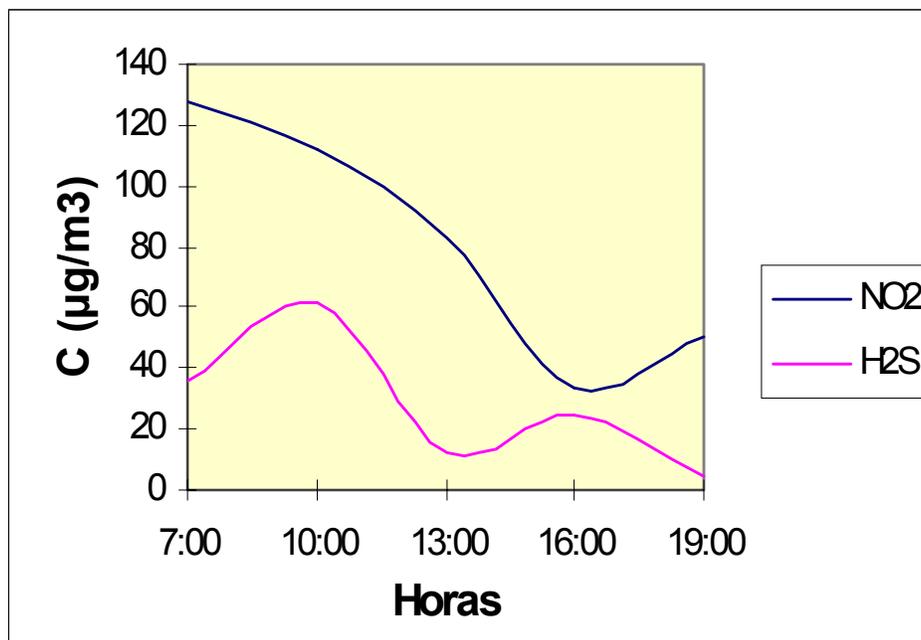


Fig 1. Marcha diaria de las concentraciones de PST.



**Fig 2. Marcha diaria de H<sub>2</sub>S y NO<sub>2</sub>.**

En todos los casos se presentan valores máximos de concentración entre las 7.00 y las 10.00 horas. Este comportamiento puede estar asociado al inicio del proceso productivo diario (El encendido de la fábrica se efectúa a las 6.00) Luego se tiene que a partir de las 10.00 las concentraciones de los contaminantes comienzan a disminuir de forma general. Para el caso particular de las PST (Fig. 1) se tiene una brusca disminución alrededor de las 13.00 horas y luego las concentraciones se hacen algo constantes. Para el NO<sub>2</sub> se tienen máximos de concentración a las 7.00 horas exactamente, luego comienza una ligera disminución hasta hacerse mínimas a las 16.00 horas. El H<sub>2</sub>S presenta dos máximos, uno a las 10.00 y otro muy inferior a este a las 16.00 horas. Se debe tener en cuenta que en las horas de la tarde ocurre una mayor dispersión por el aumento de la fuerza del viento y la turbulencia (Sánchez y Cuesta, 1992; Cuesta et al, 1996) aunque esto solamente es válido para el corredor de Oficinas.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

En todos los casos se presentan valores máximos de concentración entre las 7.00 y las 10.00 horas. Este comportamiento puede estar asociado al inicio del proceso productivo diario (El encendido de la fábrica se efectúa a las 6.00) Luego se tiene que a partir de las 10.00 las concentraciones de los contaminantes comienzan a disminuir de forma general. Además, fueron detectadas concentraciones elevadas de H<sub>2</sub>S y NO<sub>2</sub> vinculadas a emisiones externas e internas respectivamente.

Se recomiendan un conjunto de medidas que contribuirá a la disminución de las emisiones de polvos y gases a la atmósfera interior de la fábrica, y por consiguiente, se mejorarán las condiciones de trabajo y de vida de los trabajadores.

- Reemplazar o dar mantenimiento a los equipos y tecnologías que se encuentran en condiciones no óptimas o de deterioro.
- Asegurar el asfaltado de las calles interiores y explanadas que se encuentran descubiertas.
- Instalar ventiladores extractores fundamentalmente en el Sótano y en el Salón de Producción.
- Eliminar el recogido de barredura con escobas y con aire a presión. Comenzar a utilizar Aspiradoras para ello.
- Asegurar para cada trabajador el uso de los filtros bucales o bozales principalmente en las primeras horas de la mañana.
- Garantizar una limpieza diaria de las áreas del sótano.
- Evitar la permanencia de vehículos de carga encendidos dentro de la instalación.

## Referencias Bibliográficas.

1. Cuesta, O., et al, (1996): Estudio de las concentraciones de los principales compuestos gaseosos del Nitrógeno a nivel regional en Cuba, sus relaciones químico-meteorológicas y su aplicación a la protección del Medio Ambiente. Informe Científico-técnico, pp 48. La Habana.
2. Cuesta, O., et al, (1999): Estudio de la Calidad del aire en la Zona de la Cervecería Hatuey-Santiago. Informe Final.
3. Cuesta, O., et al, (2001): Caracterización del Medio Ambiente Atmosférico en la Ribera Este. Informe Final.
4. González, M. (1995): Composición química y propiedades físicas de los Aerosoles atmosféricos superficiales en Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. La Habana 1995.
5. Oficina Nacional de Normalización NC (1991): Norma Cubana 19-01-63. Aire en zonas de trabajo. La Habana. Cuba.
6. Oficina Nacional de Normalización NC (1999): Norma Cubana 39-1999. Requisitos higiénico-sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsiones y zonas de protección sanitaria. La Habana. Cuba.
7. Sánchez, P. y Cuesta, O. (1992): Smog en la Ciudad de la Habana. Situación Meteorológica asociada. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 5, No 1, pp 5-8.
8. Sandoval, L., et al. (1993): Contaminación Atmosférica de Santiago. Estado actual y soluciones, pp.27-28.
9. W.M.O (1990): Compendio de Meteorología. Química Atmosférica y Meteorología de la Contaminación del Aire. Vol. II.