



Title:Contaminacion por Particulas Suspendidas Totales en las comunas 6 y 7 de Cali, Colombia: un modelo estadistico para la evaluacion de la calidad del aire.(Report)

Pub:*Ingeniería de Recursos Naturales*

Detail:Susan L. Botero Ortiz, Alejandra Tróchez and Javier Olaya Ochoa. 2.(July 2004): p17(5). (2840 words)

Abstract:

Un programa de calidad de aire puede definirse como la recolección y evaluación sistemática de todos los datos que incluyen información sobre emisiones, concentraciones de contaminantes y variables meteorológicas. El análisis de esta información proporciona elementos para caracterizar la calidad del aire en una zona determinada. En este estudio el área de influencia corresponde a las comunas 6 y 7 de la ciudad de Santiago de Cali, Departamento del Valle, Colombia.

Se propone un modelo de regresión logística para evaluar las condiciones ambientales y de contaminación bajo las cuales el riesgo de presencia de contaminación por Partículas Suspendidas Totales (PST) es más alto para la zona de estudio. Los datos provienen de tres fuentes: la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), el Departamento Administrativo de Gestión Ambiental (DAGMA) y el Centro de Investigaciones sobre la Caña de Azúcar (CENICAÑA). Dado que solamente se dispone de 75 mediciones de PST tomadas en la PTAR, se ajustó un modelo lineal simple para estimar mediciones de PST a partir de la contaminación por material particulado con diámetro menor a 10µm (PM10).

PALABRAS CLAVE

PST, PM10, Dispersión de Partículas, Contaminación Atmosférica, Calidad de Aire, Regresión Logística, Regresión Lineal.

An air quality program can be defined as a systematic collection and evaluation of all data about emission, concentration of pollutants, and meteorological variables. The analysis of this information provides useful elements for the evaluation of air quality in a certain zone. In the present study the influence area is concerned with communities 6 and 7 of the city of Santiago de Cali, State of Valle del Cauca, Colombia. A logistic regression model is proposed for the evaluation of environmental and contamination conditions under which there is a risk of pollution due to higher content of Total Suspended Particles (TSP). Data is obtained from three sources: Wastewater Treatment Plant (PTAR), the Departamento Administrativo de Gestion Ambiental (DAGMA: Administrative Department of Environmental Management), and the Research Center for Sugar Cane (CENICAÑA). While there are only 75 measurements of TSP taken by PTAR, a simple linear model was adapted for the estimation of measurements made by PTAR based on pollution by particulate material with a diameter less than 10mm (PM 10).

KEYWORDS

TSP. PM10. Particle dispersion. Atmospheric contamination. Air quality. Logistic regression. Linear regression.

Texto Completo:COPYRIGHT 2004 Universidad del Valle

[ILUSTRACIÓN OMITIR]

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales nocivos normalmente conocidos como contaminantes entran a la atmósfera provenientes de fuentes que se encuentran más allá del control humano. En las partes más densamente pobladas del globo, en particular en los países industrializados, las fuentes principales de estos contaminantes son actividades humanas. Estas actividades se encuentran íntimamente asociadas con nuestra forma de vida y eliminarlas causaría una disminución tan drástica en el estándar de vida que esta acción rara vez se considera como mecanismo de reducción de la contaminación. El remedio propuesto es, en cambio, continuar las actividades y controlar las emisiones contaminantes del aire que provengan de ellas (Never, 1997).

La evidencia de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud es mucho más dramática que la aportada por la contaminación del agua. El problema global de contaminación del aire toma la siguiente ruta: emisiones, acarreo, dilución y modificación de la atmósfera y efectos sobre personas, bienes y medio ambiente; aun cuando los detalles pueden diferir de contaminante a contaminante, todos se ajustan a este patrón (Bedoya, J., Angel, c. y Henao, J. 1986). El aporte fundamental de este trabajo es el desarrollo de un modelo estadístico basado en el componente calidad del aire, sobre el cual se han realizado monitoreos periódicos y se han llevado a cabo las mediciones de volúmenes de PST en el aire, con el propósito de minimizar el impacto ambiental y con la finalidad de determinar la contribución a la contaminación en el área de estudio ubicada entre las comunas 6 y 7 de la ciudad de Cali, sitio donde se encuentra ubicada la PTAR-Cañaveralejo (DEGREMONT Colombia S. A, 2001).

JPEGF

Adicionalmente la medición de la concentración del contaminante material particulado también ha sido una preocupación constante para la PTAR, por lo que en el presente trabajo también se calculará un índice siguiendo de cerca la metodología propuesta por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de Estados Unidos de América, entidad que emite las normas relacionadas con el medio ambiente en ese país. Se utilizarán los criterios propuestos por la EPA para informar al público de la presencia de concentraciones altas del contaminante.

2. MEDICIONES AMBIENTALES

Para estudiar los niveles de contaminación en el área de estudio, se utilizaron los datos de PST registrados en la PTAR por la Empresa PROINSA LTDA. Este contaminante es el más importante en la zona debido a las diferentes actividades locales, tales como cementeras, escombreras y porquerizas. De igual forma se utilizaron los datos meteorológicos y de PM10 registrados por CENICANÑA y por el DAGMA, respectivamente. La Tabla 1 muestra las estaciones de Muestreo y su ubicación (DAGMA, 1998).

En la PTAR el período de recolección de cada medición de PST fue de 24 horas y la frecuencia cada 3 días durante los meses de julio a diciembre del año 2000. Para cada Estación se tomaron 75 mediciones. Las mediciones meteorológicas se registraron como el promedio diario de cada una de las variables, a partir de datos horarios.

En la estación CENICANÑA, las mediciones de cada variable se tomaron con una frecuencia de diez (10) segundos, aunque las bases de datos de CENICANÑA registran las mediciones horarias. Se tomaron 365 datos correspondientes al período de enero a diciembre del año 2000.

El DAGMA tiene 8 estaciones de monitoreo de calidad del aire, dentro del perímetro urbano en la ciudad de Cali. Para este estudio se utilizaron los datos de contaminantes de PM10 (promedio diario) de la estación de la Base Aérea, ubicada en el área de influencia de este estudio.

Para material particulado, el muestreo en la PTAR se realizó con los métodos de análisis y la frecuencia para

verificar la calidad del aire en un sitio, siguiendo el procedimiento del método gravimétrico para el análisis de partículas en suspensión en el aire mediante un equipo medidor de Alto Volumen HI-VOL. Las muestras fueron recolectadas en filtros de fibra de vidrio en los equipos medidores HI-VOL, previamente calibrados y midiendo el tiempo exacto de funcionamiento y el flujo de muestreo.

El muestreo en la estación CENICAÑA se realiza mediante sensores electrónicos adecuadamente instalados, conforme a las especificaciones estipuladas por las normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2003)

Para estimar el nivel de contaminación del aire por PST en el área de estudio se propone la formulación de un modelo de Regresión Logística. Sin embargo, para la construcción de un modelo logístico no es suficiente con las 75 mediciones gravimétricas de PST obtenidas en la PTAR, razón por la cual se utilizan las mediciones tomadas en el DAGMA durante un año (registros diarios). La estación DAGMA recolecta información sobre contaminación por PM10 y no sobre contaminación por PST, razón por la cual se hizo necesario estimar el valor equivalente a la fracción de PST, unidad de medida utilizada en las estaciones de la PTAR. Por otro lado, la normatividad sobre calidad del aire reporta sus indicadores con unidad de medida PST, al emplear la misma unidad de medida se logra hacer comparaciones con los resultados encontrados.

JPEGF

Para estimar PST a partir de PM10 se ajustó un modelo de Regresión Lineal Simple del tipo (Draper, N.R. y Smith, H., 1998)

$$[y.sub.1] = [[beta].sub.0] + [[beta].sub.1] [x.sub.i] + [\epsilon]:$$

De esta manera, la base de datos de modelación estará conformada por la variable PST generada con el modelo ajustado y las variables meteorológicas suministradas por la estación de CENICAÑA.

Para encontrar la variable respuesta del modelo logístico se realiza el proceso de recodificación basándose en la norma local de calidad del aire (Artículo 32 del Decreto 02 de 1982 del Ministerio de Salud). A los valores mayores o iguales a la norma se les asigna el valor de uno "1" y los que están por debajo el valor de cero "0".

Después de la etapa de depuración y organización de la base de datos se procedió a la construcción del modelo de regresión logística. Para el procesamiento, análisis y validación de los diferentes modelos construidos se utilizó el programa SPSS. Se adelantó un análisis exploratorio de todas las variables, buscando identificar sus comportamientos y se analizó la matriz de correlaciones entre las covariables del estudio para intentar poner de lado alguna posible redundancia (Berkson, J. 1994).

3. RESULTADOS

3.1 PST a partir de PM10

Para determinar el Modelo de Predicción se realizaron varias pruebas con la variable dependiente PST y la independiente PM10; de la variable PST se tienen dos registros: uno para cada sitio de la PTAR y un tercero que se genera al hacer el promedio de los 2 sitios. Se corrieron distintos modelos con la variable PM10 y las variables generadas con los datos de PST, obteniéndose los siguientes resultados (Behar R., 1990)

De estos tres modelos se selecciona el tercero (la variable de respuesta es igual al PST promedio de los dos sitios), debido a que presenta el mejor ajuste y cumple con todos los supuestos del modelo. Adicionalmente el valor del parámetro b1 que acompaña la variable PM10 es cercano al factor que se utiliza para realizar la conversión de PST a PM10 -para obtener las PST deberá multiplicarse por 1.2 el valor de PM10- (1) (Consejería del Medio Ambiente, 2001). Finalmente la relación entre PST y PM10 se puede expresar mediante la recta ajustada (Gujarati, 1997).

$$PST = 38.51 + 1.5 * PM10$$

A través de esta ecuación se hace la conversión de las PM10 a las PST para trabajar con los datos de contaminantes de la Base Aérea y generar el modelo de regresión logístico.

3.2 Modelo Logístico

Después de hacer la conversión de los 365 registros de PM10 de la Estación del DAGMA a PST con el modelo de regresión lineal, se recodificó la variable PST para encontrar la variable respuesta del modelo logístico.

Finalmente fue posible ajustar un modelo que cumple los supuestos así como las pruebas de clasificación y de bondad de ajuste (Hosmer, D. W y Lemeshow, S., 1989).

Las variables que quedaron finalmente en el modelo fueron: Velocidad del viento en la noche (A_VELV), Temperatura media (TEM_MEDI), Radiación solar (RADSOLAR) y Amplitud de la temperatura (TEM_AMP). La variable RADSOLAR, a pesar de presentar un coeficiente bajo, es significativa dentro del modelo.

Finalmente el modelo logístico propuesto para medir el riesgo de contaminación por PST es:

$$= (1 -)$$

donde:

$$P_i = [aX_{.sub.1}] + [bX_{.sub.2}] + [cX_{.sub.3}] + [dX_{.sub.4}] + k$$

Las constantes a, b, c, d y k y los nombres de las variables [X.sub.1], [X.sub.2], [X.sub.3] y [X.sub.4] aparecen en la Tabla 2.

3.3 Índice de Calidad del Aire, AQI

Con los registros de los valores medio y máximo de PM10 de la estación de contaminantes - Base Área correspondientes al año 2000 se calcula el valor del índice de PM10 diario para la Zona de influencia en la cual se encuentra la PTAR, es decir, las comunas 6 y 7 de la ciudad de Santiago de Cali, los cuales representan el Área Estadística Metropolitana (Moreno, C., Cortes, E. y Carbonell, G., 1999).

Después de calcular el IPM10 diario, se define el Índice de Calidad del Aire, AQI, mensual, tomando el valor más alto entre los IPM10 de cada mes del año; igualmente se define el AQI por temporada climática (primera y segunda temporadas secas y, primera y segunda temporadas lluviosas), de manera que el AQI para cada temporada climática será el valor más alto de los AQI de los tres meses que componen cada temporada, y el índice de calidad del aire (AQI) anual será el AQI más alto entre las temporadas climáticas.

Para determinar el AQI se utiliza la expresión:

$$= - / - - -$$

donde:

I_p = el valor del índice para el contaminante p

C_p = la concentración truncada para el contaminante p (número entero)

BPHI = el punto de corte mayor o igual a C_p

BPLO = el punto de corte menor o igual a Cp

IHI = el valor de AQI correspondiente a BPHI

ILO = el valor de AQI correspondiente a BPLO.

En los resultados del AQI mensuales para el PM10 medio se observa que el mayor valor se presenta en el mes 5 (Mayo) seguido del mes 11 (noviembre), lo que indica que en estos meses se registró la contaminación por PM10 más alta durante el año mientras que para el mes 9 (septiembre) se presentó el menor valor. Todos los IPM10 presentan valores entre 56 y 67. El valor correspondiente al AQI (67) se ubica en la categoría moderada, la cual no presenta riesgo para los grupos sensibles.

4. CONCLUSIONES

Con la información recogida de las diferentes estaciones de medición se logró construir un modelo de regresión logístico que permite estimar una medida del riesgo de la presencia de contaminación por PST en el área de estudio (2.5 kilómetros de radio de la Estación de la Base Aérea Marco Fidel Suárez de Cali).

Este estudio permitió ratificar que el clima es uno de los factores que influyen en la presencia de la contaminación, razón por la cual éste se debe seguir cuantificando para estudios posteriores, buscando tener un periodo más largo en la toma de datos y cerciorándose de que éstos sean registrados por las estaciones de muestreo de la planta y realizar un análisis más específico.

Se evidenció por medio del modelo, que durante el periodo Marzo -Diciembre/2000 se presentaron varios casos en que la norma local para el área en estudio fue superada. Esta Norma Local fue calculada de la misma forma en que se calcula la norma local para Cali, con datos registrados dentro del área de estudio, con el objetivo de que fuera específica para la zona de influencia.

Se propuso un Modelo de Predicción de PST a partir de material particulado PM10 por la diferencia en las unidades de las estaciones de muestreo. El modelo de regresión lineal propuesto no tiene una alta habilidad explicativa, expresada en un coeficiente de determinación bajo. Sin embargo un modelo de este tipo, en las condiciones de muestreo utilizadas, bien puede servir de base para estudios posteriores.

JPEGF

Esta propuesta de conversión de valores PM10 a PST no tiene antecedentes conocidos en la literatura. En general se acostumbra usar un "factor de conversión" (Directiva Hija 1999/30/CE del Consejo del 22 de 1999, Parlamento de la Unión Europea, Consejería de Medio Ambiente, Comunidad de Madrid--2001). Este resultado se puede seguir explorando con otros datos.

Se calculó el Índice de Calidad del Aire--AQI, encontrándose que para el área de estudio se tiene un valor promedio igual a 67, que corresponde a la categoría Moderada, que no presenta serias implicaciones en los grupos sensibles; personas con enfermedades respiratorias es el grupo de más alto riesgo.

Se recomienda que el cálculo del AQI sea diario y que las entidades encargadas de la Vigilancia y Control del Medio Ambiente lo hagan como medida de control y prevención de las emisiones. Este AQI se puede calcular a largo plazo y para otros contaminantes en la PTAR, dado que la planta ya se encuentra en operación normal y debe tener en cuenta los demás contaminantes que pueden afectar la salud de la comunidad.

En otros estudios especialmente en otros países, se observa el uso de la medición de PM10, ya que son las que ejercen mayores daños sobre la salud humana. Actualmente se encuentran incluso estudios que evalúan la presencia de contaminación con mediciones de PM2.5, que son unidades de material particulado más pequeñas que las PM10, por lo cual se recomienda que las entidades consideren la posibilidad de introducir

esta unidad de medición de partículas, a pesar de los costos que esto trae ya que permite mas control sobre las emisiones peligrosas que afectan la salud, los bienes y el entorno de la comunidad.

Lo anterior requiere que las normas ambientales que obedecen a políticas generales del estado Colombiano sean actualizadas y reglamentadas para garantizar la labor de inspección y control de los organismos reguladores.

* Recibido : Noviembre 2004

* Aceptado: Diciembre 2004

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDOYA, J., ÁNGEL, C. y HENAO, J. (1986) Modelo de Dispersión Climatológica para Estudiar la Calidad del Aire en el Valle de Aburrá (Colombia), Revista AINSA No. 12

BEHAR, R. (1990) Validación de Supuestos en el Modelo de Regresión, I Simposio de Estadística, Universidad Nacional, Bogotá.

BERKSON, J. (1944) Application of the logistic regression to bioassay, Journal of the American Statistical Association, 39: 357-365.

DAGMA (1998) Agenda Ambiental--Comunas 6 y 7, ITOpapeles & Cia. Ltda, Cali

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE, Comunidad de Madrid (2001) Estudio de Correlación de Partículas PM-10 y PM-2,5 Campaña año 2000, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Madrid

DEGREMONT COLOMBIA S.A. (2001) Evaluación de Calidad de Aire en la zona de influencia de la Planta de Aguas Residuales Cañaveralejo, Cali

DRAPER, N.R. y SMITH, H. (1998) Applied Regression Analysis, 3Ed, Wiley, New York

GUJARATI, D. N. (1997) Econometría, Tercera Edición, McGraw Hill, Bogotá

HOSMER, D. W y LEMESHOW, S. (1989) Applied logistic regression, Wiley, New York

MORENO, C., CORTES, E. y CARBONELL, G. (1999) Determinación de un Índice climático para estimar el efecto del clima en el cultivo de la caña en el Valle del Cauca, CENICAÑA, Cali

NEVER de Noel (1997) Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire, McGraw-Hill, México

OMM--Organización Meteorológica Mundial, Artículo de Internet <http://www.wmo.ch/index-sp.html>

Susan L. Botero Ortiz, Estadística

Universidad Autónoma de Occidente

Cali, Colombia

Alejandra Tróchez, Estadística,

Banco de Occidente

Cali, Colombia

Javier Olaya Ochoa, Ph.D.

Profesor Titular

Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística

Universidad del Valle

Cali, Colombia

AUTORES

Susan L. Botero Ortiz, Estadística de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Universidad del Valle 2003, Estadística, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia sbotero@cuaao.edu.co

Alejandra Tróchez, Estadística, de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Universidad del Valle 2003. Analista, Banco de Occidente, Cali, Colombia atrochez@bancodeoccidente.com.co

Javier Olaya Ochoa, Ph.D. Profesor Titular de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Estadístico, Universidad del Valle 1985. M.Sc. en Mathematical Sciences (Estadística) 1997 y PhD en Management Science (Estadística) 2000, Clemson University, Cali, Colombia olaya@univalle.edu.co
jolaya@telesat.com.co

Tabla 1. Estaciones de Muestreo

Estación	Ubicación
H-VOL 1 Jarillón	PTAR
H-VOL 2 Meteorológica	PTAR
DAGMA	BASEAÉREA
CENCAÑA	BASE AÉREA
PTAR meteorológica	PTAR

Tabla 2. Constantes y Variables en el Modelo Logístico

	Valor
a	-0.2949
b	1.1581
c	0.013
d	0.5439
[X.sub.1]	A_VELV
[X.sub.2]	TEMP_MEDI
[X.sub.3]	RADSÖLAR
[X.sub.4]	TEMP_AMP
k	24.0823

Citación De la Fuente

Botero Ortiz, Susan L., Alejandra Tróchez, and Javier Olaya Ochoa. "Contaminacion por Particulas Suspendidas Totales en las comunas 6 y 7 de Cali, Colombia: un modelo estadistico para la evaluacion de la calidad del aire." *Ingeniería de Recursos Naturales 2* (2004): 17+. *Informe Académico*. Web. 22 Sept. 2010.

Document URL

http://find.galegroup.com/gtx/infomark.do?&contentSet=IAC-Documents&type=retrieve&tabID=T002&prodId=IFME&docId=A227598791&source=gale&srcprod=IFME&userGroupName=univalle&version=1.0

Número de Documento:A227598791

- [Contact Us](#)
- [Copyright](#)
- [Terms of use](#)
- [Privacy policy](#)