



# Análisis del comportamiento de la concentración del monóxido de carbono atmosférico en la localidad de Fontibón - Bogotá

## Behavior Analysis of Carbon Monoxide Atmospheric Concentration in the Locality of Fontibón - Bogotá

A. M. Acero<sup>a</sup> y N. L. Forero<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Grupo de Investigación Física del Medio Ambiente Y Energía Solar, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.

Recibido abril 15 de 2010; aceptado mayo 24 de 2011.

### Resumen

El monóxido de carbono (CO) no solo es un gas altamente nocivo para la salud humana, sino que además, es la materia prima del dióxido de carbono ( $CO_2$ ), uno de los principales gases de efecto invernadero. Se hace necesario monitorear los niveles de concentración atmosférica de este gas en forma periódica, para hacer seguimiento estadístico de los promedios horario y diarios y para contrastar su comportamiento con parámetros atmosféricos y meteorológicos, al igual que con las concentraciones de otros gases atmosféricos, principalmente el  $CO_2$ . De esta forma es posible determinar el perfil de concentración ante diferentes factores ambientales, como la radiación solar y la temperatura ambiente; todo esto, considerando las propiedades fisicoquímicas de la molécula de CO.

Este trabajo presenta un informe y un análisis estadístico descriptivo del comportamiento de la concentración de CO atmosférico en la localidad de Fontibón de la ciudad de Bogotá, a partir de datos tomados por la Red de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) de la Secretaría Distrital de Ambiente.

**Palabras Clave:** monóxido de carbono, atmósfera, temperatura ambiente, efecto invernadero.

### Abstract

The carbon monoxide (CO) gas is not only highly harmful for human health, but is also a raw material of carbon dioxide ( $CO_2$ ), a major greenhouse gas. It is necessary to monitor levels of atmospheric concentration of this gas on a regular basis in order to track statistical averages and daily schedule, as well as to contrast its behavior with atmospheric and meteorological parameters such as concentrations of other atmospheric gases, mainly ( $CO_2$ ). This makes possible to determine a concentration profile for different environmental factors, such as solar radiation and ambient temperature, always considering physicochemical properties of the CO molecule.

This paper presents a report, and a descriptive statistical analysis of atmospheric concentration behavior of the CO in the locality of Fontibón, in Bogotá, from data taken by the Network of Air Quality in Bogotá (RMCAB) of the District Secretary of Environment.

**Keywords:** carbon monoxide, temperature, greenhouse effect.

### 1. Introducción

El CO es un gas tóxico, incoloro e inodoro producido por la combustión incompleta de combustibles fósiles,

perjudicial para la salud ya que posee una alta afinidad con el átomo de hierro del complejo protohemo de la hemoglobina de la sangre, sustancia encargada de transportar el oxígeno a todos los órganos y formar la car-

boxihemoglobina (HbCO) la cual disminuye la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y altera la disociación de la oxihemoglobina generando una disminución del oxígeno que llega a los tejidos. También, combinada con otras sustancias como la mioglobina, los fotocromos y algunas enzimas, puede llegar a afectar el sistema nervioso central. Dependiendo de la concentración de CO inhalado y el tiempo de exposición a éste, se generan efectos nocivos en la salud, produciendo desde mareos, dolor de cabeza, estrés en el sistema cardiovascular y en caso extremo la muerte.

Las fuentes de CO pueden ser naturales o artificiales. Entre las naturales se encuentran la oxidación de metano en la atmósfera, emisión de los océanos incendios forestales. También se forma CO por encima de los 75km debido a fotodisociación del  $CO_2$  por oxidación fotoquímica de materia orgánica, entre otras. Entre las fuentes artificiales se encuentran los vehículos de combustión interna en general, procesos industriales, eliminación de desechos y quema de material vegetal o de diferentes sustancias.

El CO es una molécula diatómica que presenta diferentes estados energéticos correspondientes a sus movimientos de traslación, rotación, vibración y a las transiciones electrónicas propias de la molécula; absorbe la radiación electromagnética en la región del infrarrojo, su banda de absorción principal está centrada en  $4,7\mu m$ . El CO producido en la tierra se distribuye en la tropósfera y la estratósfera mediante difusión, en estas capas es oxidado por el radical oxhidrilo (OH) convirtiéndose en dióxido de carbono  $CO_2$ . También reacciona con otros contaminantes, como el metano ( $CH_4$ ), el ozono troposférico ( $O_3$ ) [1],[2],[3], y acelera la oxidación del ácido nítrico  $HNO_3$  que se convierte en dióxido de nitrógeno  $NO_2$  el cual contribuye a la formación del smog.

Debido a las grandes implicaciones que tiene la concentración del monóxido de carbono para la vida en nuestro planeta, se hace necesario monitorear los niveles de concentración atmosférica de este gas, día a día y en forma periódica, para hacer seguimiento estadístico de los promedios horario y diarios, así como para contrastar su comportamiento con parámetros atmosféricos y meteorológicos, al igual que con las concentraciones de otros gases atmosféricos, principalmente el  $CO_2$ .

## 2. Adquisición de datos

La RMCAB<sup>1</sup> ha proporcionado los datos de las mediciones de concentración de CO atmosférico y de

temperatura ambiente de la estación número 14 en la localidad de Fontibón, correspondientes a un período de 5 años. Estas mediciones se llevaron a cabo por medio del sistema TELEDYNE - API (Advanced Pollution Instrumentation) modelo 300. Éste es un analizador controlado por un microprocesador que determina la concentración de monóxido de carbono de una muestra de aire extraída por el instrumento. El análisis se realiza mediante un sistema óptico que hace incidir un haz infrarrojo sobre la muestra, luego la señal es filtrada y comparada mediante un foto-detector y con ayuda de un sistema electrónico arroja una señal por medio de la cual se obtiene la concentración del CO. De esta forma es posible determinar el perfil de concentración ante diferentes factores ambientales, como la radiación solar y la temperatura ambiente y considerando las propiedades fisicoquímicas de la molécula de CO.

## 3. Comportamiento diario de la concentración del monóxido de carbono atmosférico.

El comportamiento de la concentración de CO para un día característico, de acuerdo a los datos suministrados por la RMCAB en dicha zona de Bogotá, se presenta en la figura 1.

Se observa que la concentración de CO, tomando como referencia las 0:00 horas es de 2.30 ppm, permaneciendo en el rango de 2.2, a 2.4 ppm hasta cerca de las 6:00 horas. A partir de esta hora aumenta produciéndose un pico máximo sobre las 9:00 horas con un valor de 3.20 ppm, esto es, se ha incrementado en 0.90 ppm la concentración de CO respecto a la concentración al inicio del día. Se presenta solo una leve inflexión sobre las 8:00 horas.

Posteriormente, el valor de la concentración de CO comienza a descender alcanzando su menor valor cerca de las 13:00 horas con un valor de 1.90ppm, esto es, 0.40ppm por debajo de la concentración al comienzo del día. Más adelante se obtiene un leve incremento cerca de las 14:00 horas con una concentración de 2.10 ppm, para luego disminuir de nuevo sobre las 15:00 horas, tiempo en el que la concentración promedio ha descendido 0.10 ppm manteniéndose constante hasta las 19:00 horas. A partir de este momento el promedio hora de concentración de CO comienza a aumentar nuevamente, se obtiene un tercer pico entre las 20:00 y 21:00 horas, para continuar su incremento, alcanzando a las 22:00 horas un cuarto pico de concentración de 2.60 ppm, es decir 0.30ppm superior al promedio hora obtenido para

<sup>1</sup> Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá

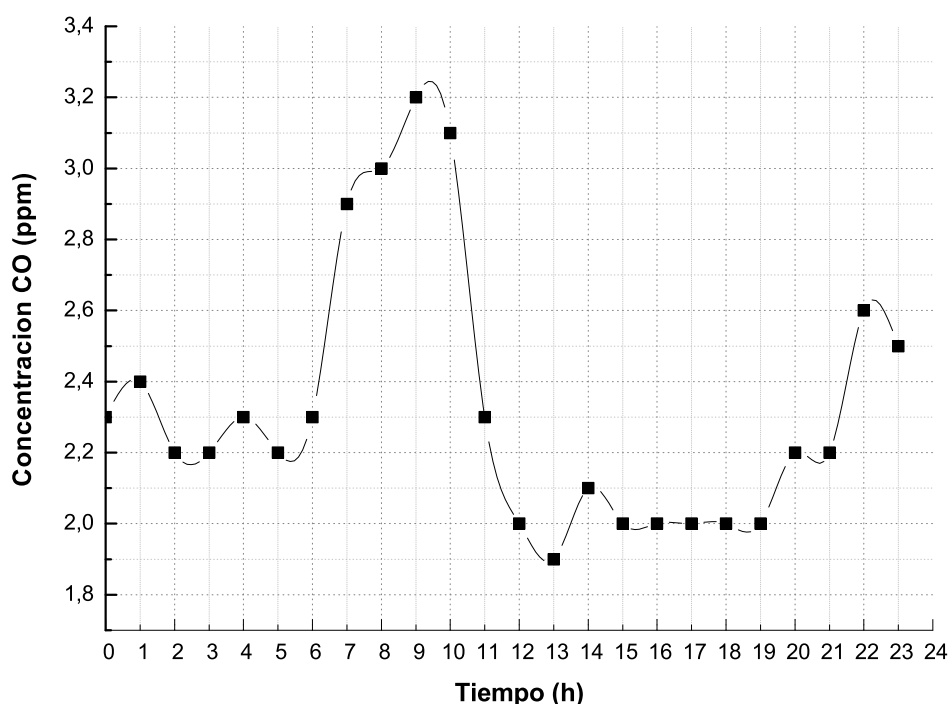


Figura 1. Promedios hora de concentración de CO en un día tomado de forma arbitraria

el inicio de ese día.

A manera de resumen se puede apreciar que, durante este día, la concentración promedio hora de CO ha presentado dos grandes picos que coinciden con las llamadas horas pico en el tránsito vehicular, uno en las horas de la mañana y el otro al comenzar la noche, comprendidos entre las 6:00 y 10:00 y entre las 19:00 y 23:00 horas respectivamente. A su vez, en cada uno de estos picos se logran resolver dos máximos. También se aprecia que la mínima concentración se obtiene entre las 12:00 y las 13:00 horas, es decir el periodo en el que la temperatura ambiente (así como la radiación solar) es mayor. El promedio diario alcanzado es por tanto de 2.3 ppm.

En la figura 2 se presenta la serie de tiempo de la concentración de CO para la semana del 11 al 17 de febrero de 2002.

Se observa el comportamiento periódico de la variación de la concentración de CO a lo largo de la semana. Se ha tomado como punto de referencia en el tiempo, las 0:00 horas de cada día, en el cual la concentración de CO se encuentra en el intervalo entre 2.0ppm y 3.0ppm.

Así mismo se pueden apreciar los picos de concentración de CO entre las 6:00 y 10:00 horas, encon-

trándose entre 3.5ppm a 4.0ppm, sin embargo, el día jueves es aún mayor, alcanzando las 5.0ppm. Un caso especial es el día domingo, ya que se observa que el pico de concentración es menor con respecto al resto de la semana, siendo de 2.6ppm; estos valores varían, incrementándose o disminuyendo levemente, según la época del año, este hecho se puede apreciar en la figura 3, en la cual se ha graficado la concentración promedio hora/mes de CO para el año 2002. En ésta se aprecia la variación en los niveles de la concentración de CO atmosférico mes a mes, sin embargo su comportamiento es similar mes a mes, presentándose los picos en los mismos intervalos de tiempo. Dicho comportamiento se repite no solo día a día, sino también mes a mes y año a año.

#### 4. Descripción del comportamiento de la temperatura ambiente.

De igual forma se ha realizado un análisis del comportamiento de la temperatura ambiente, para el mismo intervalo de tiempo considerado en la concentración de CO atmosférico. La figura 4, representa este comportamiento.

Análogamente a la concentración, se ha tomado como

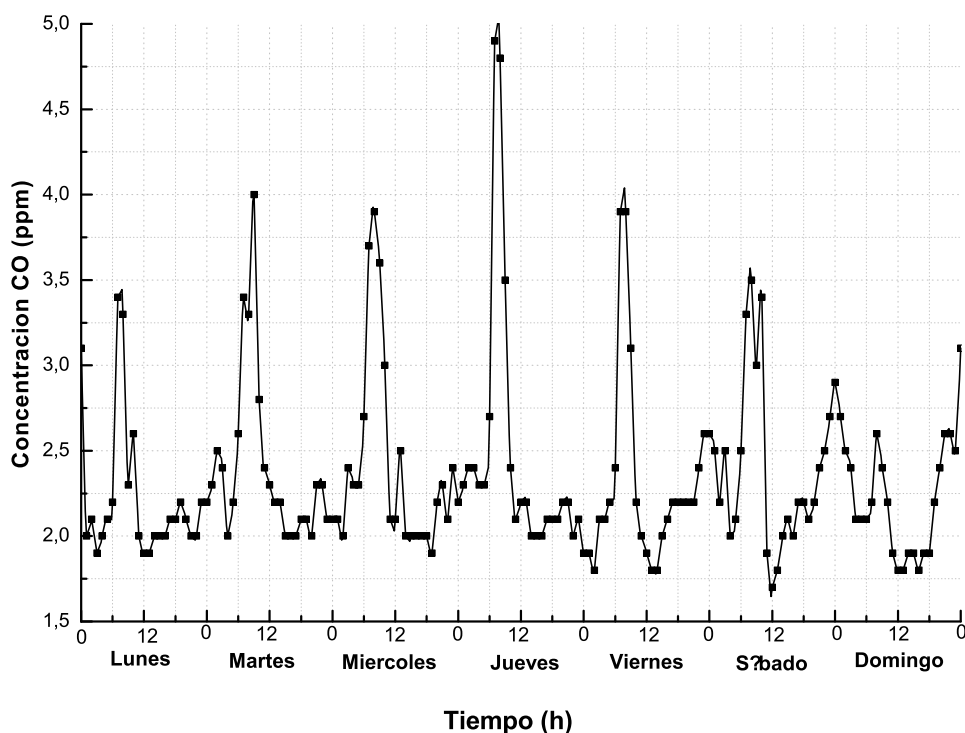


Figura 2. Serie de tiempo de la concentración de CO atmosférico para la semana del 11 al 17 de febrero de 2002.

punto de referencia de la temperatura de 12.80 °C a las 0:00 horas, se observa que entre la 1:00 y las 6:00 horas el promedio hora de temperatura ambiente osciló entre 12.60 °C y 12.20 °C, entre las 6:00 y 8:00 horas el promedio de temperatura desciende hasta llegar a 11.10 °C que es el promedio hora mínimo para este día, esto es, 1.90 °C por debajo del promedio hora inicial. A partir de ese momento y hasta las 13:00 horas el promedio hora aumenta hasta alcanzar 18.6 °C que corresponde a la máxima temperatura del día, 5.8 °C por encima, que como era de esperarse se presenta hacia el medio día, momento en que la radiación solar incidente es mayor. A partir de ese momento y hasta las 23:00 el promedio hora de temperatura comienza a descender hasta llegar a 13.40 °C, 0.6 °C por encima del promedio de temperatura al inicio del día. Un comportamiento similar se presenta para cada uno de los días de la base de datos, en la figura 5 se presenta, a modo de serie de tiempo, el comportamiento de la temperatura ambiente para una semana.

El comportamiento mostrado se repite para cada uno de los días, meses y años pertenecientes a la base de datos suministrada por la RMCAB. En la figura 6 se presenta la gráfica de los promedios hora/mes para el año 2002, encontrándose las temperaturas máximas ha-

cia el medio día, momento en el cual la radiación solar también lo es, como era de esperarse.

### 5. Análisis de correlación

Con el propósito de estudiar el comportamiento de la concentración de CO y verificar si existe relación con la temperatura ambiente T, se calculó el coeficiente de correlación estadística para cada día, entre los promedios horario de concentración de CO y temperatura ambiente. La figura 7, presenta simultáneamente las dos variables, a fin de detallar el comportamiento cíclico, entre sus máximos y mínimos en horas específicas, cada día.

El comportamiento de las variables se evidencia en la figura 7, en donde se aprecia que para los momentos en los que la temperatura ambiente se incrementa alcanzando sus máximos, la concentración de CO disminuye. Para el intervalo entre 6:00 y 8:00 a.m. los niveles de concentración aumentan hasta alcanzar su valor máximo entre las 7:00 y 8:00 a.m., mientras que la temperatura alcanza su valor mínimo en este mismo intervalo, posteriormente la concentración comienza a disminuir alcanzando su valor mínimo entre las 12:00

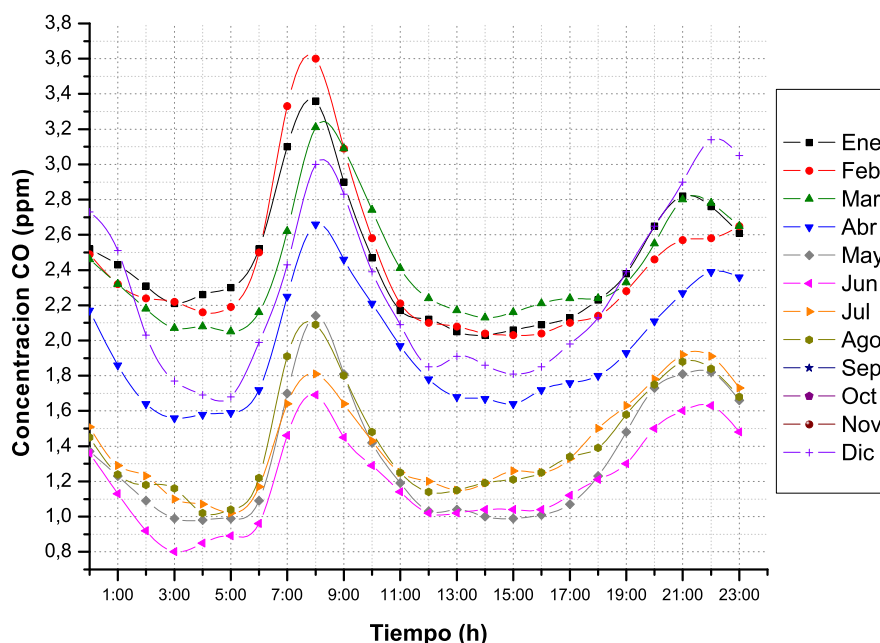


Figura 3. Concentración promedio hora/día/mes de CO para el año 2002.

y 14:00 horas; mientras que, para ese mismo intervalo, la temperatura aumenta alcanzado su valor máximo, al mismo tiempo que se obtiene el mínimo de la concentración, posteriormente la concentración aumenta hasta alcanzar niveles cercanos a los del inicio de cada día, de la misma forma la temperatura disminuye hasta aproximadamente la temperatura del inicio de cada día.

En la figura 8 se aprecia mejor el comportamiento descrito anteriormente.

De esta forma se construye la serie anual, para la cual los valores tanto de concentración como temperatura oscilan alrededor de un valor promedio de  $1,37 \pm 0,18 ppm$  y  $14,06 \pm 0,03^\circ C$  respectivamente.

## 6. Conclusiones

El análisis descriptivo anterior, nos permite establecer la existencia de una relación de carácter inverso, desconocida hasta el momento, entre estas dos variables. El análisis de correlación estadístico permite establecer la relación (a verificar por otros métodos) entre las dos variables y el grado o porcentaje de correlación.

La figura 9, muestra la distribución de los datos para el día 7 de febrero del 2002, a manera de ejemplo, situación que se ha repetido para todos los días presentes

en la base de datos y de donde es posible apreciar que los puntos en plano siguen una tendencia, o relación de carácter inverso, con los valores más altos de concentración cuando los valores de temperatura son los más bajos y viceversa, esto es, los valores de concentración son más bajos cuando la temperatura ambiente es más alta.

El coeficiente de correlación obtenido para este día en particular, da como resultado  $-0,64$ , así mismo se realizaron los cálculos de los coeficientes de correlación entre la concentración de CO y la temperatura ambiente T para cada día de la base de datos, verificando la existencia de una relación de carácter inverso entre estas dos variables. La forma de esta función seguirá siendo objeto de estudio, sabiendo que en el análisis de la concentración de gases atmosféricos, intervienen diversidad de parámetros ambientales y meteorológicos.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Red de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) de la Secretaria Distrital de Ambiente, por su apoyo y contribución en el desarrollo de este trabajo.

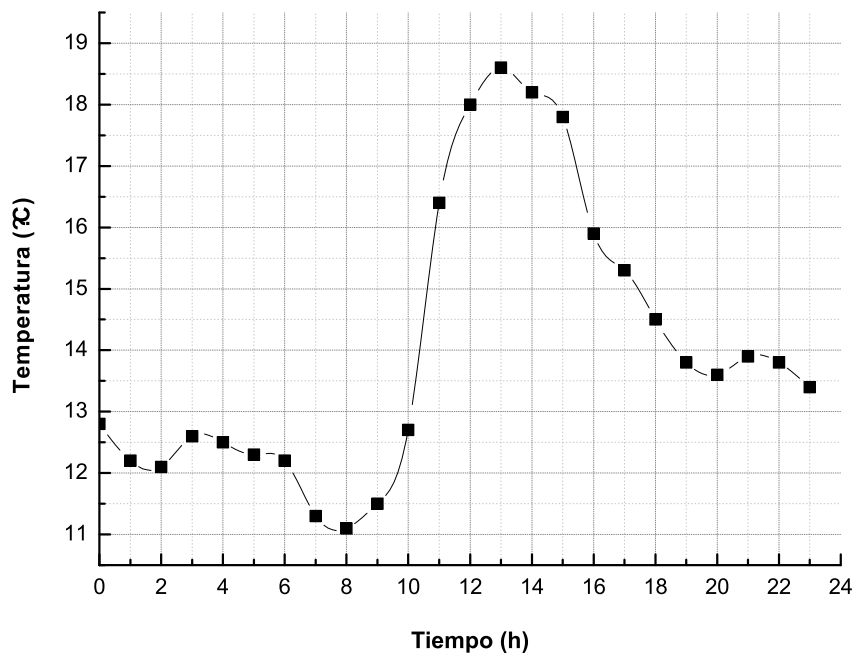


Figura 4. Promedios hora de temperatura ambiente T en un día tomado arbitrariamente.

#### Referencias

[1] Grupo de trabajo de la Organización Mundial de la Salud sobre criterios de salud ambiental aplicables al monóxido de

carbono. *Monóxido de carbono: criterios de salud ambiental 13*, Washington. 1983.

[2] D.T. Shindell, *Jornal of Geophysical Research*, **111**, .

[3] D.T. Shindell, *Understanding Carbon Monoxide as Pollutant and as Agent of Climate Change*, [http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/shindell\\_09/](http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/shindell_09/) Febrero 2007.

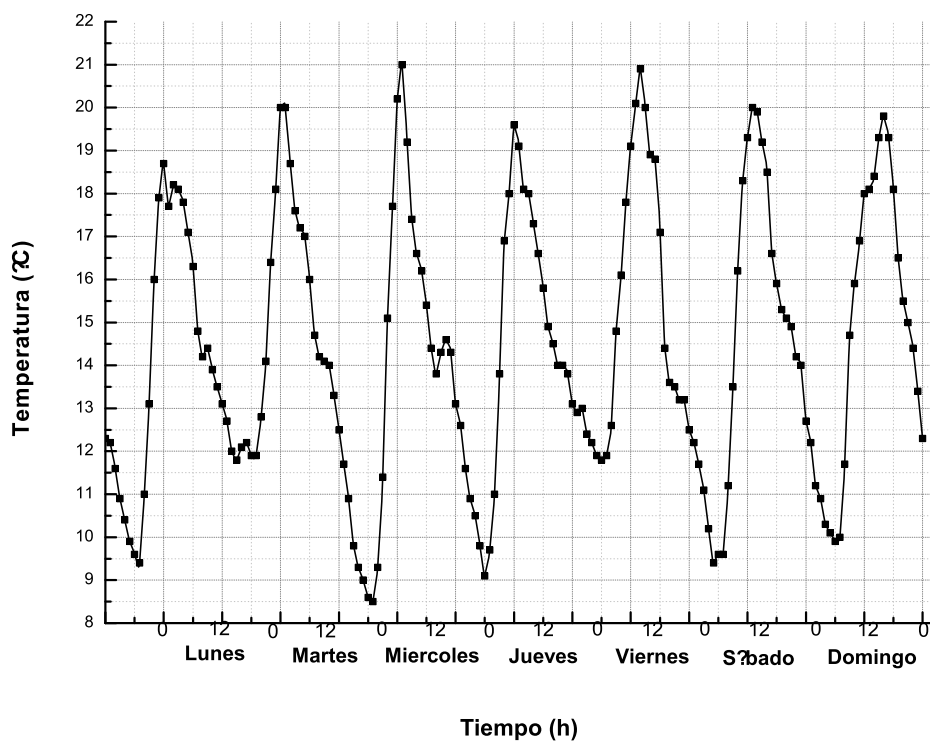


Figura 5. Comportamiento de la temperatura ambiente para la semana del 11 al 17 de febrero de 2002.

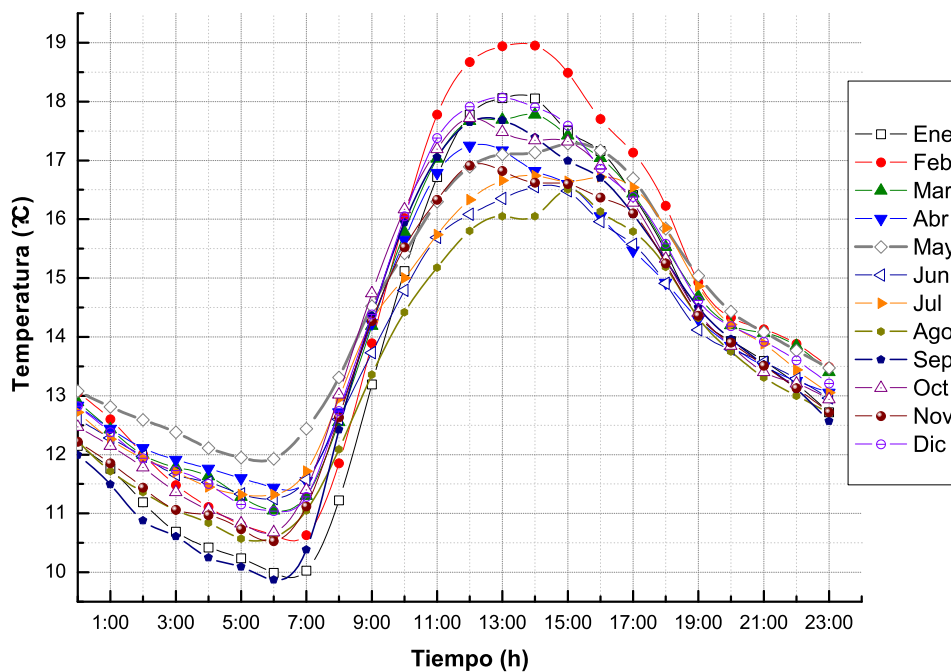


Figura 6. Temperatura promedio hora/mes para el año 2002.

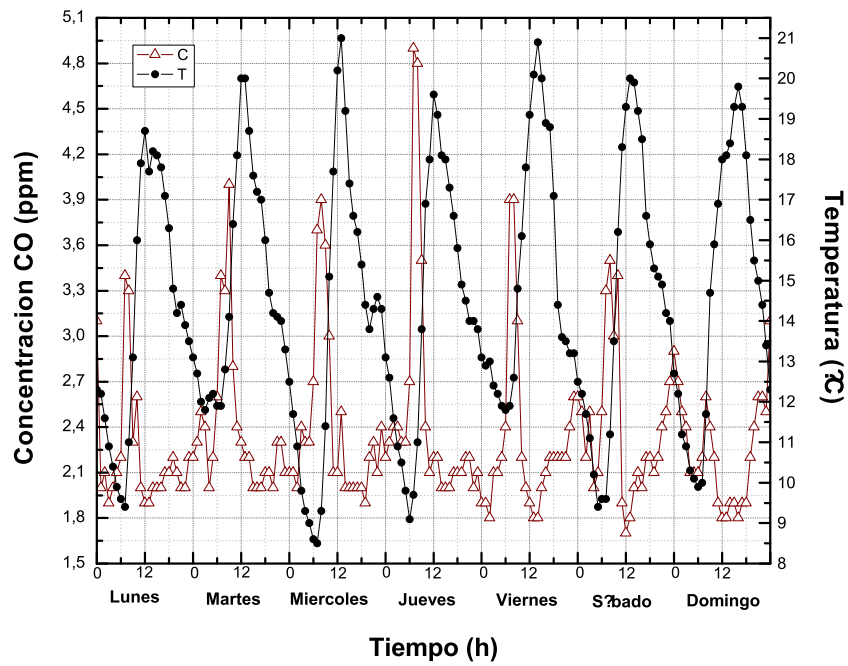


Figura 7. Concentración de CO y temperatura ambiente en función del tiempo para la semana del 11 al 17 de febrero de 2007.

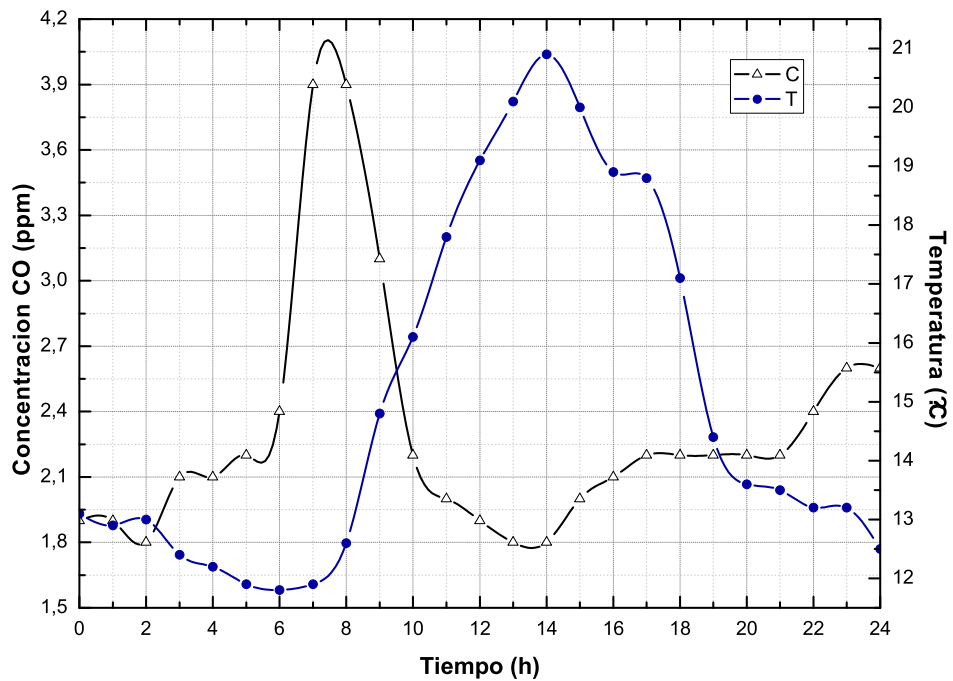


Figura 8. Concentración de CO y temperatura ambiente en función del tiempo para el viernes 15 de febrero de 2007.

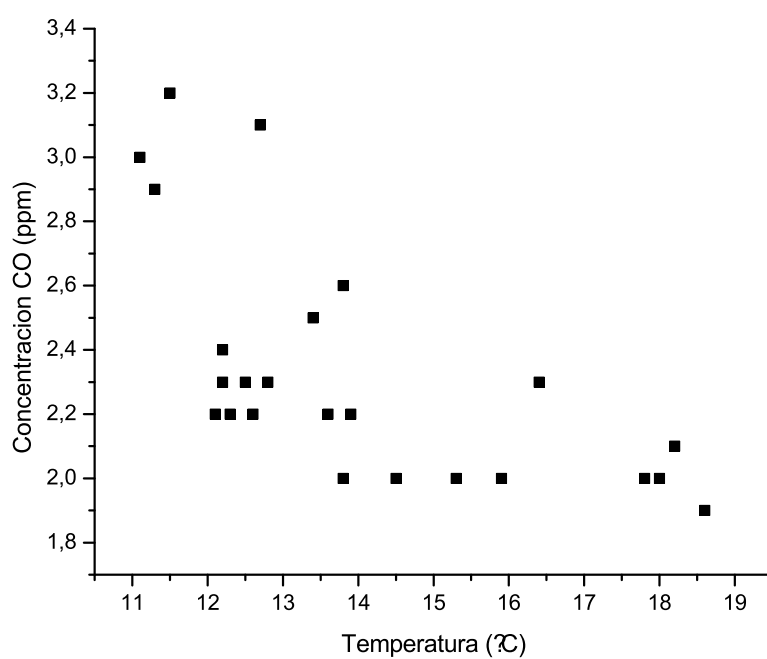


Figura 9. Diagrama de Dispersión de la concentración de CO en función de la temperatura ambiente T para el día 7 de febrero de 2002.