

**ANÁLISIS
DE DATOS DE CONCENTRACIONES
DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂) Y DE
COMPUESTOS DE AZUFRE TOTALMENTE
REDUCIDO (TRS) EN AIRE MEDIDOS EN
LA ZONA DE LA ESTANCIA “LA
VICTORIA” (PROVINCIA DE
ENTRE RÍOS)**

PERÍODO: 17 de julio –31 de octubre 2008

1. Introducción

Entre el 17 de julio de 2008 a las 14:00hs y el 31 de octubre de 2008 a las 23:00hs, el sensor muestreador-analizador (marca Thermo, modelo 450i) efectuaron mediciones de concentraciones horarias de SO₂, de TRS (expresados como SH₂) y de azufre combinado (CS) en aire a nivel del suelo en la zona de la Estancia "La Victoria" (Provincia de Entre Ríos).

Conjuntamente, se efectuaron mediciones de velocidad y dirección del viento.

En la Figura 1 se presentan las localizaciones del sensor y de la ciudad de Gualeguaychú en la Prov. Entre Ríos (Argentina) y de la Planta de producción de pasta de celulosa Botnia y de la ciudad de Fray Bentos en la República de Uruguay.

En este Informe se analizan los datos de velocidad y dirección del viento y de concentraciones de dióxido de azufre y de azufre totalmente reducido (TRS), expresados como sulfuro de hidrógeno, en aire a nivel del suelo determinados en el período mencionado.

En algunas oportunidades, por diferentes motivos, principalmente por cortes en el suministro de energía eléctrica y para calibración de los instrumentos, los sensores no estuvieron en operación. Los datos obtenidos mediante las mediciones fueron consistidos y depurados utilizando algunos procedimientos habituales (CEPIS, 1984), entre ellos el doble del desvío estándar del logaritmo de las concentraciones horarias. Por otra parte, durante la primera parte del período de mediciones los valores de las concentraciones de dióxido de azufre fueron estimados a partir de los datos de las concentraciones de TRS (expresados como SH₂) y de azufre combinado (CS).

2. Análisis de los datos de variables meteorológicas

a) Dirección del viento

El número de datos de dirección del viento correspondiente al período de mediciones es 1797. Por lo tanto, hay 757 horas del período que no tienen datos de dirección del viento.

En la Tabla I se presentan los valores de las frecuencias relativas porcentuales de dirección del viento.

En la Figura 2 se presenta la distribución de frecuencias de direcciones de viento. Se observa que las direcciones de viento más frecuentes son Este-noreste (21.48%) y Este (13.86%) y las menos frecuentes corresponden al Nor-noroeste (0.72%) y al Noroeste (1.17%). No se presentan casos con calmas.

La dirección del viento que transportaría los contaminantes emitidos desde Botnia hacia el área de medición es 155° (SSE), respecto del norte. La frecuencia de ocurrencia de vientos de dirección SSE es 5.68%. Las direcciones fueron consideradas según sectores de 22.5° . Suponiendo una distribución de direcciones equi-espaciadas en cada sector y que los contaminantes son transportados hacia la zona si la dirección del viento abarca un ángulo de 5° , la frecuencia correspondiente se ajustará a 1.26%.

b) Velocidad del viento

El número de datos de velocidad del viento correspondiente al período de mediciones es 1854. Por lo tanto, hay 700 horas del período que no tienen datos de velocidad del viento.

En la Tabla II se incluyen los valores de las velocidades medias del viento para cada dirección.

En la Figura 3 se presenta la distribución de la velocidad media del viento para cada dirección.

Se puede observar que las velocidades medias más altas del viento corresponden al SSW con 4.36m/s y al SSE con 3.76m/s y las menores al N con 1.13m/s y al NNW con 1.24m/s.

La velocidad máxima horaria en el período fue 9.69m/s.

Por lo tanto, la velocidad media correspondiente a la dirección SSE fue 3.76m/s.

En la Tabla III se incluyen los valores de las frecuencias relativas porcentuales acumuladas de diferentes intervalos de la velocidad horaria del viento.

En la Figura 4 se encuentran representadas las frecuencias porcentuales acumuladas de velocidades del viento correspondientes al período analizado. Se puede observar que durante el 78.16% de las horas la velocidad del viento fue inferior a 4.0m/s.

En la Tabla IV se incluyen los valores medios horarios de la velocidad del viento para el período considerado.

En la Figura 5 se presenta la variación horaria de la velocidad media del viento durante el período analizado. Se observa que la mayor velocidad media horaria del viento corresponde a las 14:00hs con 3.79m/s y la menor a las 05:00hs con 1.96m/s.

Los sensores de temperatura y humedad relativa del aire funcionaron en forma discontinua durante el período.

3. Análisis de los datos de concentración de dióxido de azufre (SO₂) y de compuestos de azufre totalmente reducido (TRS) expresados como SH₂ en aire medidos en la zona de la Estancia “La Victoria” (Provincia de Entre Ríos)

a) Concentraciones de dióxido de azufre en aire

Luego del proceso de consistencia y de depuración de los datos quedaron 1710 valores horarios de concentración de SO₂ en aire. No se registró la concentración de dióxido de azufre en aire durante 844 horas.

En las Figura 6 se encuentra graficada la variación temporal de la concentración horaria de dióxido de azufre en aire correspondiente al período considerado.

En la siguiente Tabla se incluyen los valores de diferentes parámetros estadísticos de la serie de valores de la concentración horaria de dióxido de azufre en aire:

Estadísticos correspondientes a los valores medios (tiempo de promedio: 1 hora)

Parámetro	
Número de datos	1710
Promedio	0.267 ppb
Valor máximo	0.9 ppb
Valor mínimo	0.0 ppb
Desvío estándar	0.142 ppb
Mediana	0.230 ppb
Coficiente de asimetría	0.765947
Coficiente de sesgo	0.576834

En la Figura 7 se presenta la distribución de frecuencias correspondientes a diferentes intervalos de valores de concentración horaria de SO₂ en aire para los datos incluidos en este Estudio.

Esas frecuencias se adaptan a una distribución log-normal con los siguientes valores característicos:

- a) media geométrica (μ_g): 0.225ppb
- b) desviación estándar geométrica (S_g): 1.969

En la Figura 8 se presenta el gráfico de la distribución de frecuencias acumuladas observadas ajustadas a una representación log-normal, de los valores horarios de la concentración de SO₂ en aire para los datos correspondientes al período considerado.

Con el objeto de vincular la concentración horaria de SO₂ en aire con la dirección del viento correspondiente, se elaboraron las rosas de contaminación media y máxima (ver Figuras 9 y 10) para el período considerado. El mayor valor de la concentración media de dióxido de azufre en aire corresponde a la dirección SW con 0.32ppb y el menor valor a la dirección NW con 0.22ppb. Para la dirección del viento que posibilitan el transporte de contaminantes emitidos desde Botnia hacia la zona de medición, el valor medio de la concentración de SO₂ en aire es 0.30ppb.

Por otra parte, el mayor valor de la concentración máxima de dióxido de azufre corresponde a la dirección SW con 0.87ppb y del menor a la dirección NW con 0.43ppb. Para la dirección del viento que posibilitan el transporte de contaminantes emitidos desde Botnia hacia la zona de medición, el valor máximo de la concentración de SO₂ es 0.66ppb.

En la Tabla siguiente se presentan los estándares correspondientes a la Provincia de Entre Ríos, la ciudad de Buenos Aires, la Provincia de Buenos Aires y EE.UU. y niveles guía de calidad de aire para el dióxido de azufre establecidos por la Unión Europea y la Organización Mundial de la Salud (sólo se incluyen los valores cuyos tiempos de promedio posibilitan su comparación con los datos medidos o calculados a partir de las mediciones).

Distrito u Organización	Tiempo de promedio	Valor (ppb)
Provincia de Entre Ríos. Argentina. (Decreto 5837/91 reglamentario de la Ley 6260).	24 horas	19
Ciudad de Buenos Aires. Argentina. (Decreto 198/06 reglamentario de la Ley 1356).	3 horas	500
	24 horas	140
Provincia de Buenos Aires. Argentina. (Decreto 3395/96 reglamentario de la Ley 5965).	3 horas	500
	24 horas	140
EE.UU.	3 horas	500
	24 horas	140
Unión Europea	24 horas	48
Organización Mundial de la Salud	24 horas	8

Utilizando los valores horarios de la concentración de SO₂ medida en aire se calcularon los valores medios (tiempo de promedio: 3 horas y tiempo de promedio: 24 horas).

En la Figura 11 se presenta la distribución de frecuencias de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 3 horas) de SO₂ en aire correspondiente al período considerado.

En la Tabla siguiente se incluyen los valores de los parámetros estadísticos correspondientes.

Estadísticos correspondientes a los valores medios (tiempo de promedio: 3 horas)

Parámetro	
Número de datos	578
Promedio	0.268 ppb
Valor máximo	0.733 ppb
Valor mínimo	0.009 ppb
Desvío estándar	0.118 ppb
Mediana	0.243 ppb
Coefficiente de asimetría	0.691889
Coefficiente de sesgo	0.152771

El valor máximo (0.733ppb) de la concentración (período de promedio: 3 horas) representa el 0.15 % de la norma de calidad del aire correspondiente a la ciudad de Buenos Aires (Argentina), la Provincia de Buenos Aires (Argentina) y EE.UU. obtenido para el período considerado.

En la Figura 12 se presentan las distribuciones de frecuencias de las concentraciones medias (tiempo de promedio: 24 horas) de SO₂ en aire.

En la Tabla siguiente se incluyen los valores de los parámetros estadísticos correspondientes.

Estadísticos correspondientes a los valores medios (tiempo de promedio: 24 horas)

Parámetro	
Número de datos	71
Promedio	0.266 ppb
Valor máximo	0.504 ppb
Valor mínimo	0.146 ppb
Desvío estándar	0.079 ppb
Mediana	0.250 ppb
Coefficiente de asimetría	0.817223
Coefficiente de sesgo	0.635791

La comparación con el nivel guía de calidad de aire para el dióxido de azufre más restrictivo (Organización Mundial de la Salud) para el tiempo de promedio de 24 horas, permite encontrar que el máximo valor (0.504ppb) determinado para el período considerado es el 6.3 % del valor de dicho nivel guía.

b)Análisis de las concentraciones de azufre total reducido (expresado como sulfuro de hidrógeno)

i) Calidad de aire

Luego del proceso de consistencia y de depuración de los datos quedaron 1836 valores horarios de concentración de TRS (expresado como SH₂) en aire. No se registró la concentración de TRS (expresado como SH₂) en aire durante 718 horas.

En las Figura 6, también, se encuentra graficada la variación temporal de la concentración horaria (ppb) de TRS (expresado como SH₂) en aire correspondiente

al período considerado. Asimismo, en esta Figura se presenta el gráfico de las variaciones temporales de la concentración en aire del azufre combinado (CS).

En la siguiente Tabla se incluyen los valores de diferentes parámetros estadísticos de la serie de 1836 valores medidos de la concentración horaria de TRS (expresado como SH₂) en aire:

Parámetro	
Número de datos	1836
Promedio	1.064 ppb
Valor máximo	2.20 ppb
Valor mínimo	0.10 ppb
Desvío estándar	0.285 ppb
Mediana	1.10 ppb
Coficiente de asimetría	-0.154741
Coficiente de sesgo	0.905903

En la Figura 13 se presenta la distribución de frecuencias por diferentes intervalos de valores de concentración horaria de TRS (expresado como SH₂) en aire para los datos incluidos en este Estudio.

Esas frecuencias se adaptan a una distribución log-normal con los siguientes valores característicos:

- a) media geométrica (μ_g): 1.017ppb
- b) desviación estándar geométrica (S_g): 1.384.

En la Figura 14 se presenta el gráfico de la distribución de frecuencias acumuladas observadas ajustadas a una representación log-normal, de los valores horarios de la concentración de TRS (expresado como SH₂) en aire para los datos correspondientes al período considerado.

Con el objeto de vincular la concentración horaria de TRS (expresado como SH₂) en aire con la dirección del viento correspondiente, se elaboraron las rosas de contaminación media y máxima (ver Figuras 15 y 16) para el período considerado. El mayor valor de la concentración media de TRS (expresado como SH₂) en aire corresponde a la dirección WNW con 1.20ppb y el menor valor a la dirección N con 0.95ppb. Para la dirección del viento que posibilita el transporte de contaminantes emitidos desde Botnia hacia la zona de medición, el valor medio de la concentración de TRS (expresado como SH₂) en aire es 1.10ppb. Por otra parte, el mayor valor de la concentración máxima de TRS (expresado como SH₂) corresponde a la dirección

SSE con 2.2ppb y el menor a la dirección WSW con 1.6ppb. Para la dirección del viento que posibilita el transporte de contaminantes emitidos desde Botnia hacia la zona de medición, el valor máximo de la concentración de TRS (expresado como SH₂) en aire es 2.2ppb.

Las emisiones de TRS originadas por la planta de pasta de celulosa Botnia están integradas por sus componentes (sulfuro de hidrógeno, mercaptano de metilo, disulfuro de metilo y disulfuro de dimetilo), según información de mediciones realizadas en otras Plantas de pulpa de celulosa. La distribución de cada uno de los componentes de TRS para la caldera de recuperación y el horno de cal se encuentra en la Tabla siguiente:

Contaminante	Porcentaje de emisiones de TRS	
	Caldera de recuperación	Horno de cal
Sulfuro de Hidrógeno (SH ₂)	34%	96%
Mercaptano de metilo (CH ₄ S)	40%	1%
Sulfuro de dimetilo (DMS)	16%	1%
Disulfuro de dimetilo (DMDS)	10%	1%

Como se presenta en la Tabla anterior, las emisiones de TRS provenientes de una planta de pulpa de celulosa no sólo están constituidas por SH₂. Sin embargo, no es posible discernir la composición de los distintos componentes de TRS medidos como concentración en aire a nivel del suelo. Debido a ello, se considerará como manifestación de máxima que estuvo compuesta totalmente por SH₂.

La Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2000) recomienda el siguiente nivel guía de calidad de aire para el sulfuro de hidrógeno:

Contaminante	Concentración	Tiempo de promedio
Sulfuro de hidrógeno	0.15mg/m ³ -108ppb	24hs.

Para poder comparar con este nivel guía de calidad de aire se calcularon los valores de la concentración media (período de promedio: 24 horas) de TRS (expresado como SH₂) en aire a nivel del suelo. A continuación se presenta la Tabla conteniendo parámetros estadísticos de esos valores:

Estadísticos correspondientes a los valores medios (tiempo de promedio: 24 horas)

Parámetro	
Número de datos	74
Promedio	1.065 ppb
Valor máximo	1.315 ppb
Valor mínimo	0.638 ppb
Desvío estándar	0.131 ppb
Mediana	1.074 ppb
Coefficiente de asimetría	-0.572685
Coefficiente de sesgo	0.893398

En la Figura 17 se presenta la distribución de frecuencias de los valores de concentración diaria de TRS (expresado como SH₂) en aire para los datos incluidos en este Estudio.

Suponiendo, como condición ambiental y potencialmente comprometida, que los TRS están constituidos sólo por SH₂ se encuentra que los valores medidos son inferiores al nivel guía de calidad de aire recomendado por la World Health Organization (2000).

ii) Percepción de olor

La Organización Mundial de la Salud estableció para el sulfuro de hidrógeno umbrales de detección, reconocimiento y valor guía de olor basados en datos proporcionados por paneles de expertos y estudios experimentales (World Health Organization, 2000), que se presentan en la siguiente Tabla:

Contaminante	Umbral de detección (mg/m ³)	Umbral de reconocimiento (mg/m ³)	Valor guía (mg/m ³)
Sulfuro de hidrógeno	0.0002-0.002	0.0006-0.006	0.007 (período de promedio: 30min.)

Suponiendo que los TRS están constituidos sólo por sulfuro de hidrógeno, los valores medios (período de promedio: 30 minutos) de las concentraciones de TRS (expresados como SH₂) en aire no superan el valor guía recomendado para el olor por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2000). Sin

embargo, algunos valores medidos se encuentran por encima del rango del nivel del umbral de detección del olor.

4. Análisis estadístico de las diferencias de las concentraciones medias de dióxido de azufre y azufre totalmente reducido (expresado como sulfuro de hidrógeno) en aire a nivel del suelo correspondientes a diferentes direcciones de viento

a) Concentración de dióxido de azufre en aire a nivel del suelo

Se efectúa la comparación entre los valores de las concentraciones horarias de dióxido de azufre en aire a nivel del suelo correspondientes a la dirección del viento SSE con los valores medios horarios de las otras direcciones de viento.

Esta comparación se realiza con el objeto de determinar si las dos muestras (la correspondiente a la dirección SSE y la de las otras direcciones de viento) corresponden o no a una misma población. Se aplicó la prueba de la distribución “t” de “Student” para comprobar si la diferencia de las medias de ambas muestras es significativa a los niveles de 0.01 (1%) y 0.05 (5%). En caso contrario procederían de una misma población.

Los valores calculados de los parámetros necesarios para aplicar el “t” de “Student” fueron los siguientes:

	Dirección SSE	Todas las otras direcciones	t	Grados de libertad	t _{.995}	t _{.975}
Nº de datos	98	1562	1.8813	1658	2.58	1.96
Valor medio	0.29525	0.267426				
Desvío estándar	0.148931	0.141586				

a) Con un ensayo bilateral al nivel de significación de 0.01 (1%), se rechazará la hipótesis de que no existe diferencia esencial entre las dos muestras si t se encuentra fuera del rango $-t_{0.995}$ a $t_{0.995}$, que para N = 1658 grados de libertad es el intervalo -2.58 a 2.58 .

Como el valor de t calculado se encuentra en este intervalo, no se puede rechazar la hipótesis de que no existe una diferencia esencial entre los valores medios de la concentración horaria de dióxido de azufre en aire a nivel del suelo de los dos grupos considerados.

b) Con un ensayo bilateral al nivel de significación de 0.05 (5%), se rechazará la hipótesis de que no hay diferencia esencial entre las dos muestras si t se encuentra fuera del rango $-t_{0.975}$ a $t_{0.975}$, que para $N = 1658$ grados de libertad es el rango -1.96 a 1.96 .

Como el valor de t calculado se encuentra en este intervalo, para el nivel de significación del 0.05 (5%), no se puede rechazar la hipótesis de que no existe una diferencia esencial entre los valores medios de la concentración correspondiente a los dos grupos considerados.

Por lo tanto, se encuentra que no existe diferencia significativa entre los valores medios de las concentraciones horarias de SO_2 en aire a nivel del suelo correspondientes a la dirección del viento SSE y a las otras direcciones.

b) Concentración de TRS (expresado como SH_2) en aire a nivel del suelo

Los valores medios (ppb) y los desvíos estándares (ppb) de las concentraciones horaria de TRS (expresado como SH_2) en aire a nivel del suelo conjuntamente con los grados de libertad, los valores calculados del t de Student y los valores del t de Student correspondientes a los niveles de significación del 0.01(1%) y 0.05 (5%), para la dirección del viento SSE y para las otras direcciones de viento en general.

Los valores calculados de los parámetros necesarios para aplicar el “ t ” de “Student” fueron los siguientes:

	Dirección SSE	Todas las otras direcciones	t	Grados de libertad	$t_{.995}$	$t_{.975}$
Nº de datos	102	1678	1.2340	1778	2.58	1.96
Valor medio	1.10197	1.066572				
Desvío estándar	0.295239	0.280434				

a) Con un ensayo bilateral al nivel de significación de 0.01 (1%), se rechazará la hipótesis de que no existe diferencia esencial entre las dos muestras si t se encuentra fuera del rango $-t_{0.995}$ a $t_{0.995}$, que para $N = 1778$ grados de libertad es el intervalo -2.58 a 2.58 .

Como el valor de t calculado se encuentra en este intervalo, no se puede rechazar la hipótesis de que no existe una diferencia esencial entre los dos grupos considerados.

b) Con un ensayo bilateral al nivel de significación de 0.05 (5%), se rechazará la hipótesis de que no hay diferencia esencial entre las dos muestras si t se encuentra fuera del rango $-t_{0.975}$ a $t_{0.975}$, que para $N = 1778$ grados de libertad es el rango -1.96 a 1.96 .

Como el valor de t calculado se encuentra en este intervalo, no se puede rechazar la hipótesis de que no existe una diferencia esencial entre los dos grupos considerados.

Por lo tanto, se encuentra que no existe diferencia significativa entre los valores medios de las concentraciones horarias de TRS (expresado como SH_2) en aire a nivel del suelo cuando el viento proviene del sector SSE o cuando proviene de las direcciones restantes.

5. Consideraciones finales

En general, la concentración de contaminantes en el aire depende de la emisión de los mismos, de las condiciones atmosféricas y de las características del terreno. Las condiciones atmosféricas relacionadas con el transporte y la dispersión de contaminantes varían temporal y espacialmente.

La dirección inicial del transporte de contaminantes emitidos por sus fuentes está determinada por la dirección del viento. Las concentraciones en el aire de contaminantes emitidos desde una fuente puntual de emisión son muy sensibles a la dirección del viento (Pasquill y Smith, 1983).

Uno de los efectos de la velocidad del viento es diluir continuamente los contaminantes emitidos desde fuentes puntuales de emisión. Esta dilución tiene lugar en la dirección del transporte de la pluma de contaminantes. Por otra parte, la velocidad del viento, también, afecta al tiempo de transporte de los contaminantes entre la fuente y los receptores. Cuando los contaminantes son emitidos con impulso y con temperatura mayor que la del aire ambiente, la elevación de los mismos en la atmósfera está afectada por la velocidad del viento.

La turbulencia atmosférica (de origen mecánico y térmico) contribuye a los más importantes procesos de mezcla en el aire que influyen sobre la dispersión de los contaminantes. El tamaño y la influencia de los torbellinos sobre la expansión vertical de las plumas están relacionados con la estructura térmica vertical de la atmósfera (Seinfeld y Pandis, 2006).

La dirección del viento que transporta los contaminantes emitidos desde Botnia hacia la zona de localización del sensor de medición de contaminantes en el área de la Estancia La Victoria (Provincia de Entre Ríos) es 155° (~ SSE), respecto del N. La frecuencia de esta dirección del viento para el período considerado es 5.68%. Suponiendo una distribución de direcciones equi-espaciadas en cada sector y que los contaminantes son transportados hacia la zona si la dirección del viento abarca un ángulo de 5° , la frecuencia correspondiente se ajustará a 1.26%.

El valor máximo (0.733ppb) de la concentración (período de promedio: 3 horas) representa el 0.15 % de la norma de calidad del aire para el dióxido de azufre correspondiente a la ciudad de Buenos Aires (Argentina), la Provincia de Buenos Aires (Argentina) y EE.UU. obtenido para el período considerado.

La comparación con el nivel guía de calidad de aire para el dióxido de azufre más restrictivo (Organización Mundial de la Salud) para el tiempo de promedio de 24 horas, permite encontrar que el máximo valor (0.504ppb) determinado para el período considerado es el 6.3 % del valor de dicho nivel guía. Las direcciones fueron consideradas según sectores de 22.5° .

Suponiendo que los TRS están constituidos sólo por SH_2 se encuentra que los valores de concentración media (período de promedio: 24 horas) en aire obtenidos son inferiores al nivel guía de calidad de aire recomendado por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2000).

Considerando que los TRS están constituidos sólo por sulfuro de hidrógeno, los valores medios (período de promedio: 30 minutos) de las concentraciones de TRS (expresados como SH_2) en aire no superan el valor guía recomendado para el olor por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2000). Sin embargo, algunos valores medidos se encuentran por encima del rango del nivel del umbral de detección del olor.

Se encuentra que no existe diferencia significativa entre los valores medios de las concentraciones horarias de SO_2 y de TRS (expresado como SH_2) en aire a nivel del suelo cuando el viento proviene del sector SSE o cuando proviene de las direcciones restantes. La concentración máxima horaria correspondiente a la dirección SSE es la mayor de las diferentes direcciones del viento.

Es recomendable la continuidad de las mediciones de los niveles de contaminación del aire y de parámetros meteorológicos en la zona. Esto posibilitaría contar con una cantidad mayor de información para convalidar o no los resultados obtenidos.

Referencias

CEPIS. 1984. Análisis e interpretación de datos de vigilancia del aire. Documentos Técnicos N° 9. Lima, Perú.

Pasquill F. Smith F. B. 1983. Atmospheric Diffusion. Ellis Horwood Limited-John Wiley & Sons. NY.

Seinfeld J. H. and Pandis S. N. 2006. Atmospheric Chemistry and Physics. John Wiley & Sons, Inc. NY.

World Health Organization. 2000. Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. European Series, N° 91.

TABLAS

Tabla I. Valores de frecuencias relativas porcentuales de cada dirección del viento

Dirección del viento	Frecuencia relativa (%)
N	2.39
NNE	4.90
NE	5.62
ENE	21.48
E	13.86
ESE	7.62
SE	5.84
SSE	5.68
S	8.51
SSW	7.07
SW	4.95
WSW	4.62
W	3.45
WNW	2.11
NW	1.17
NNW	0.72
CALMAS	0.00

Tabla II. Valores de la velocidad media del viento para cada dirección

Dirección del viento	Velocidad media del viento (m/s)
N	1.13
NNE	1.39
NE	1.76
ENE	2.41
E	2.60
ESE	2.90
SE	3.33
SSE	3.76
S	3.40
SSW	4.36
SW	3.53
WSW	3.51
W	2.33
WNW	1.64
NW	1.43
NNW	1.24
CALMAS	0.00

Tabla III. Valores de frecuencia relativa porcentual acumulada de diferentes intervalos de velocidades del viento

Límite superior del intervalo (m/s)	Frecuencia relativa porcentual acumulada (%)
1	14.13
2	42.77
3	63.92
4	78.16
5	88.30
6	94.23
7	97.25
8	99.35
9	99.89
10	100.00

Tabla IV. Valores medios horarios de la velocidad del viento

Hora	Velocidad media del viento (m/s)
0	2.10
1	2.19
2	2.07
3	2.21
4	2.13
5	1.96
6	2.13
7	2.21
8	2.60
9	3.14
10	3.26
11	3.52
12	3.56
13	3.70
14	3.79
15	3.45
16	3.56
17	3.53
18	2.98
19	2.14
20	2.13
21	2.33
22	2.36
23	2.04

FIGURAS



FIGURA 1

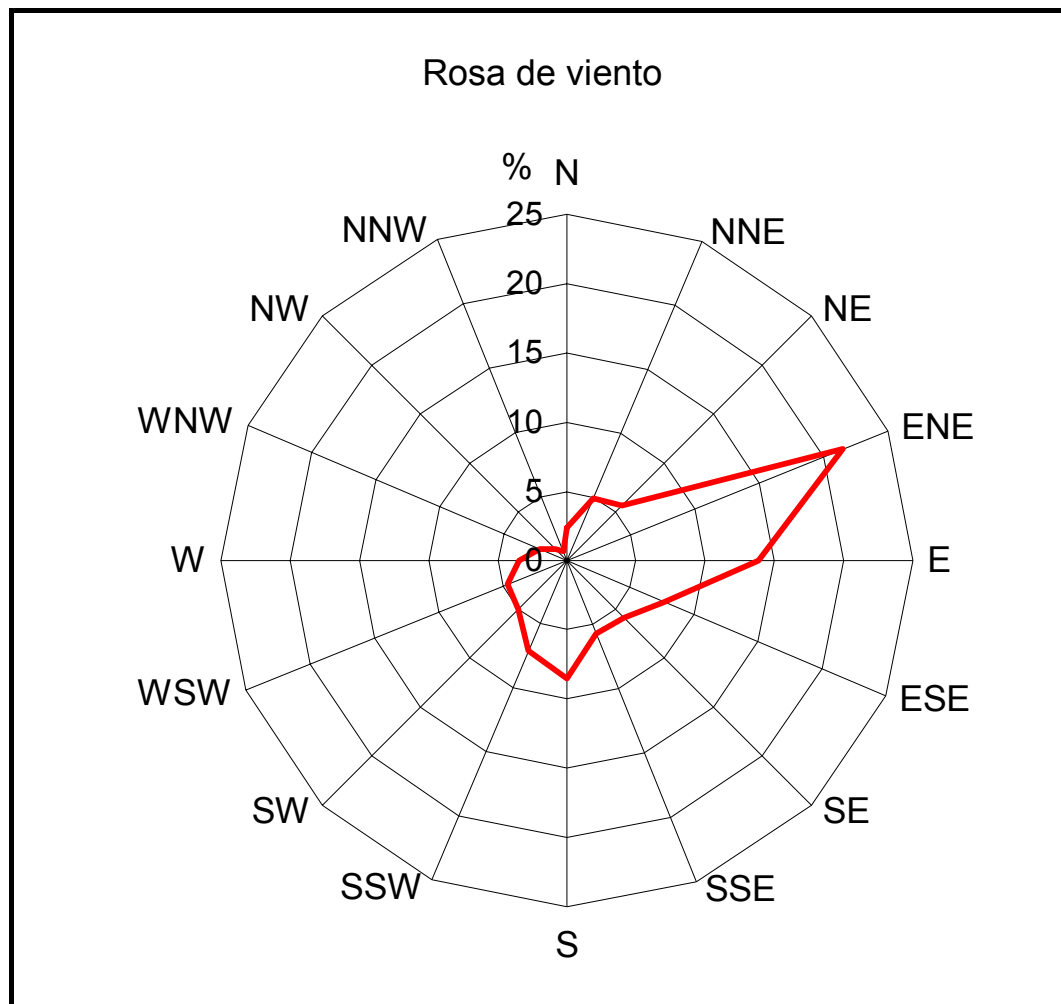


FIGURA 2

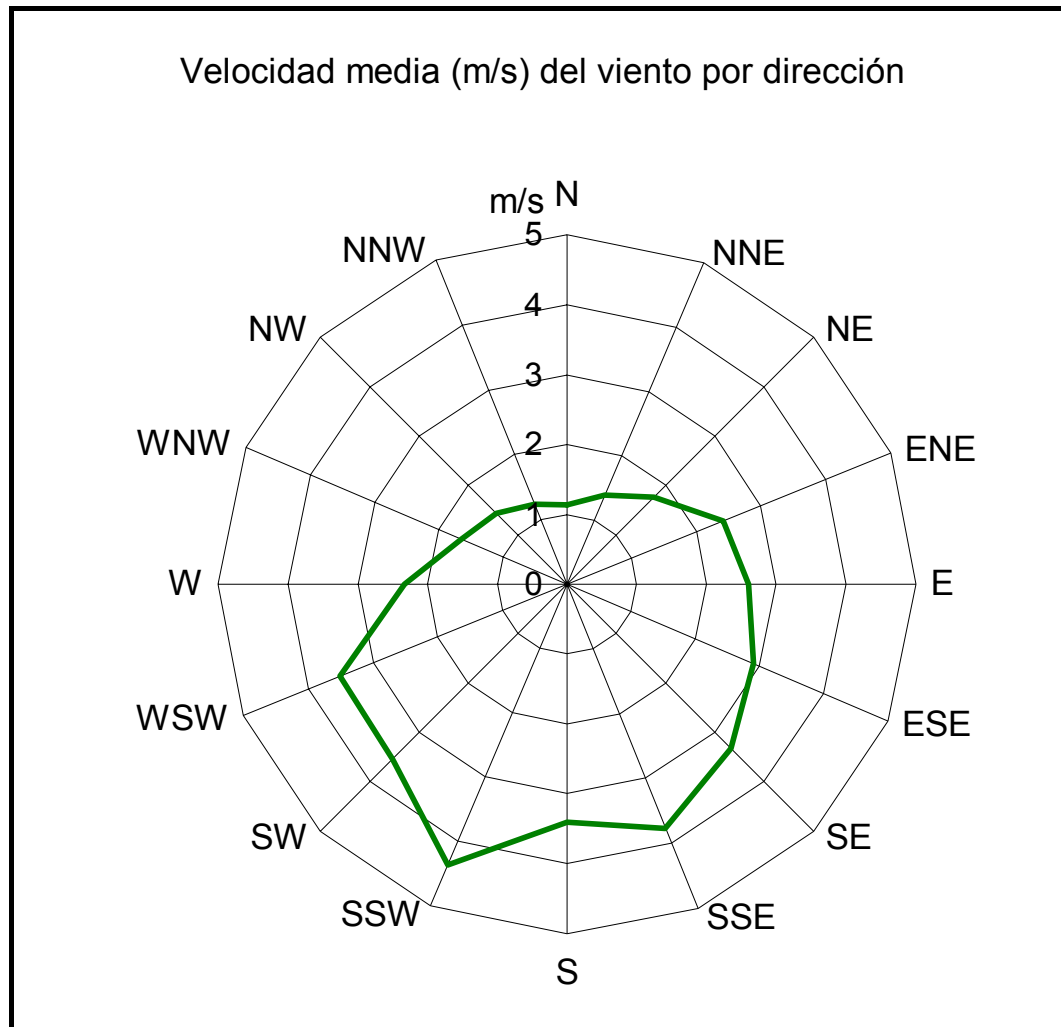


FIGURA 3

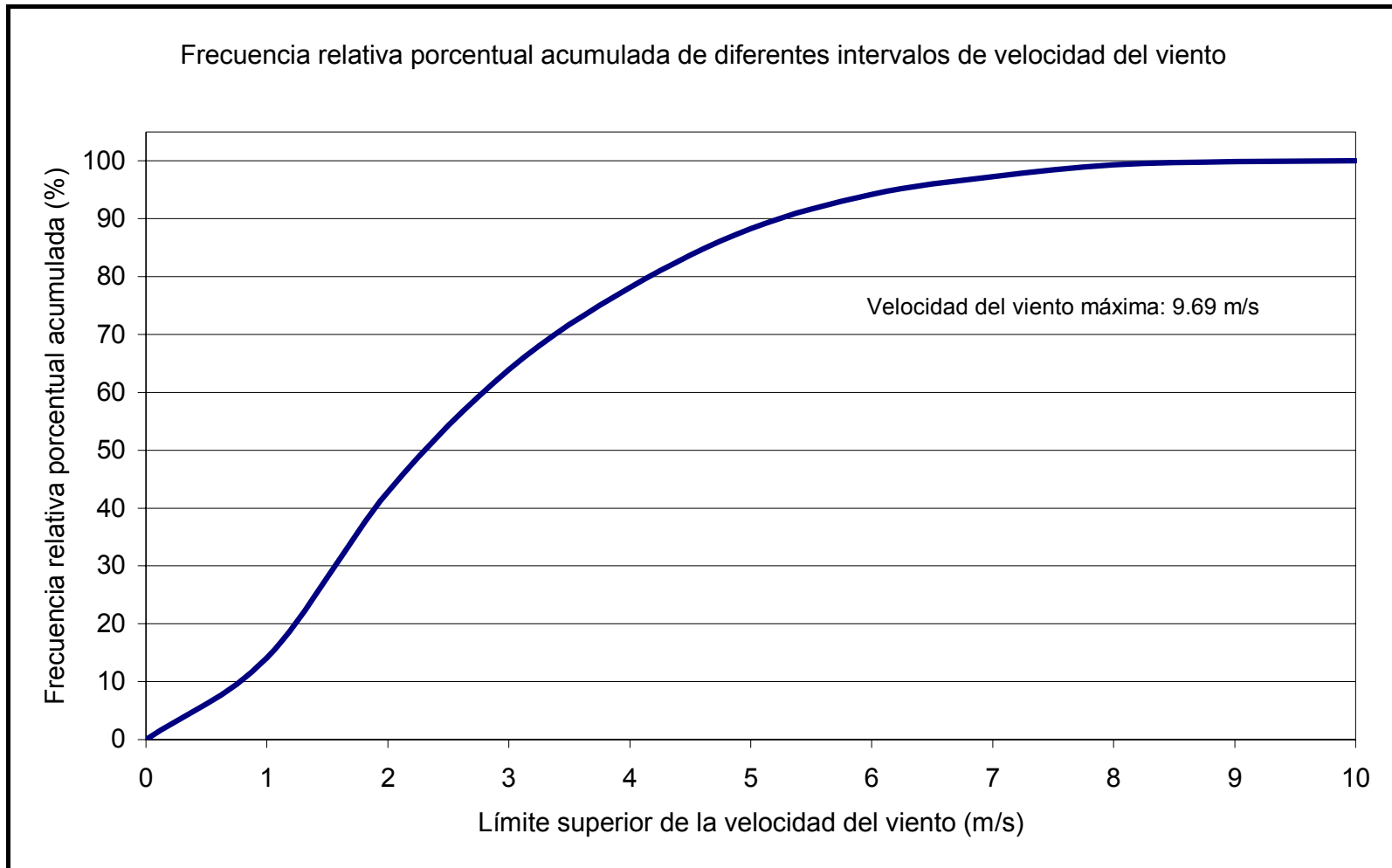


FIGURA 4

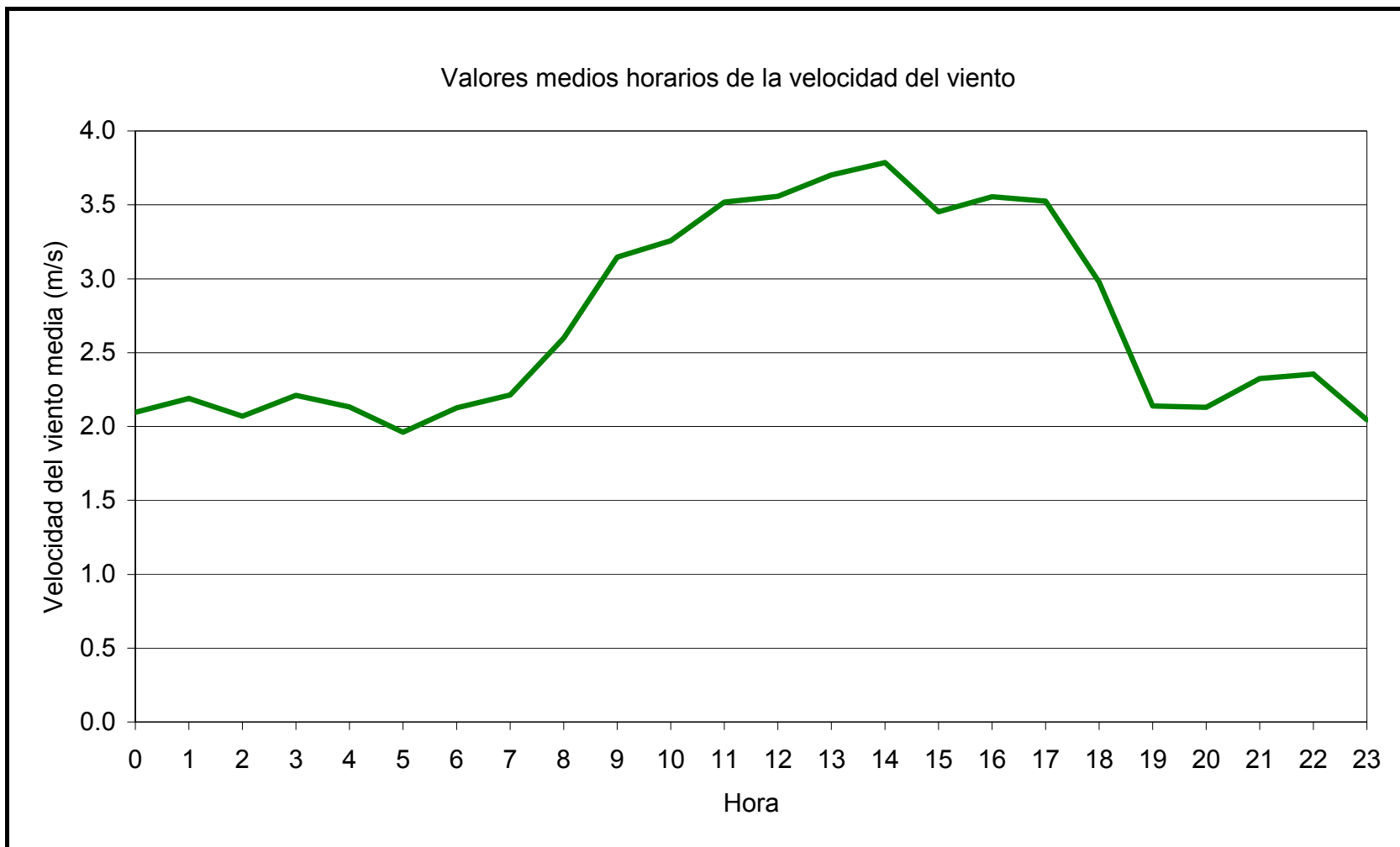


FIGURA 5

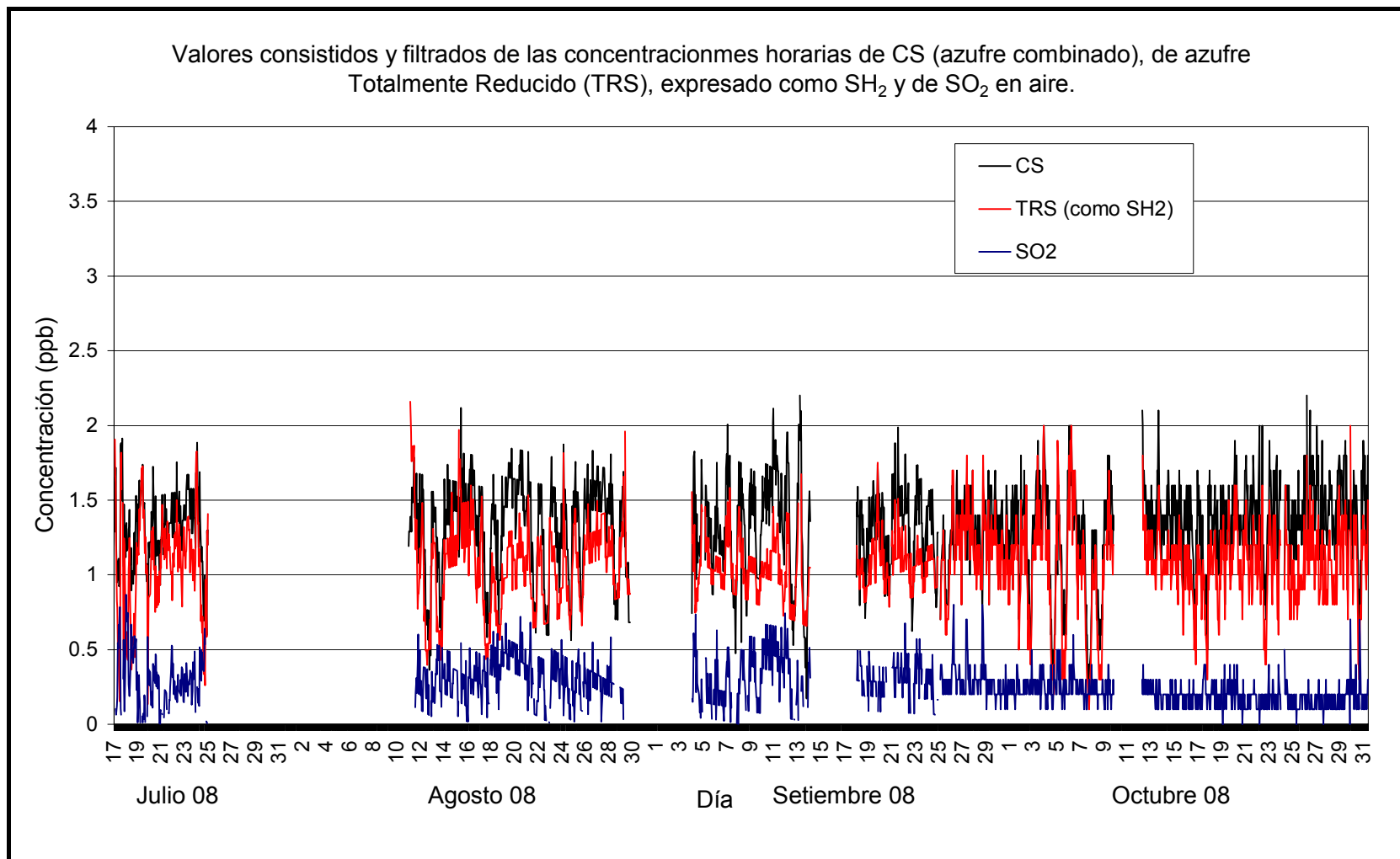


FIGURA 6

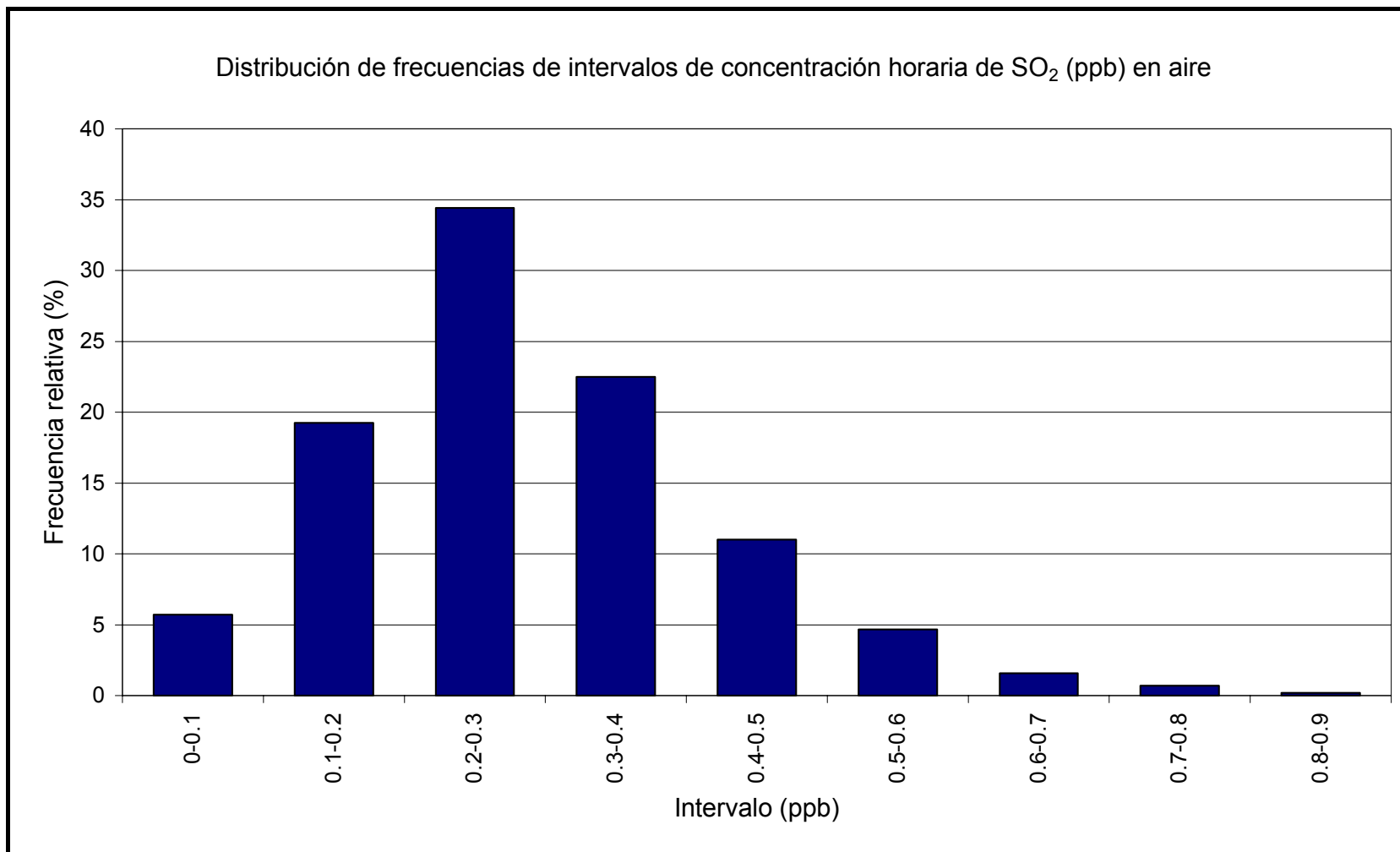


FIGURA 7

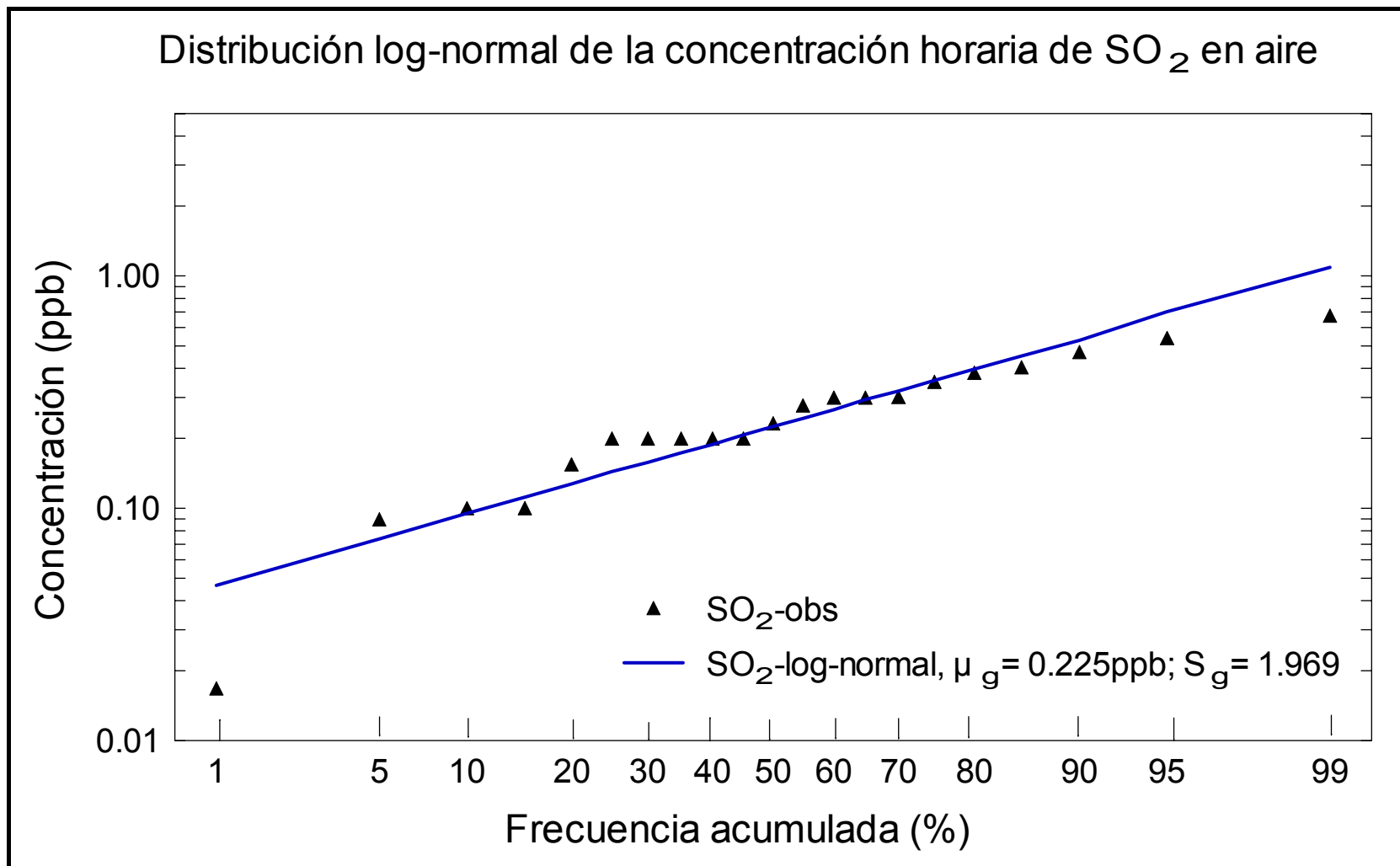


FIGURA 8

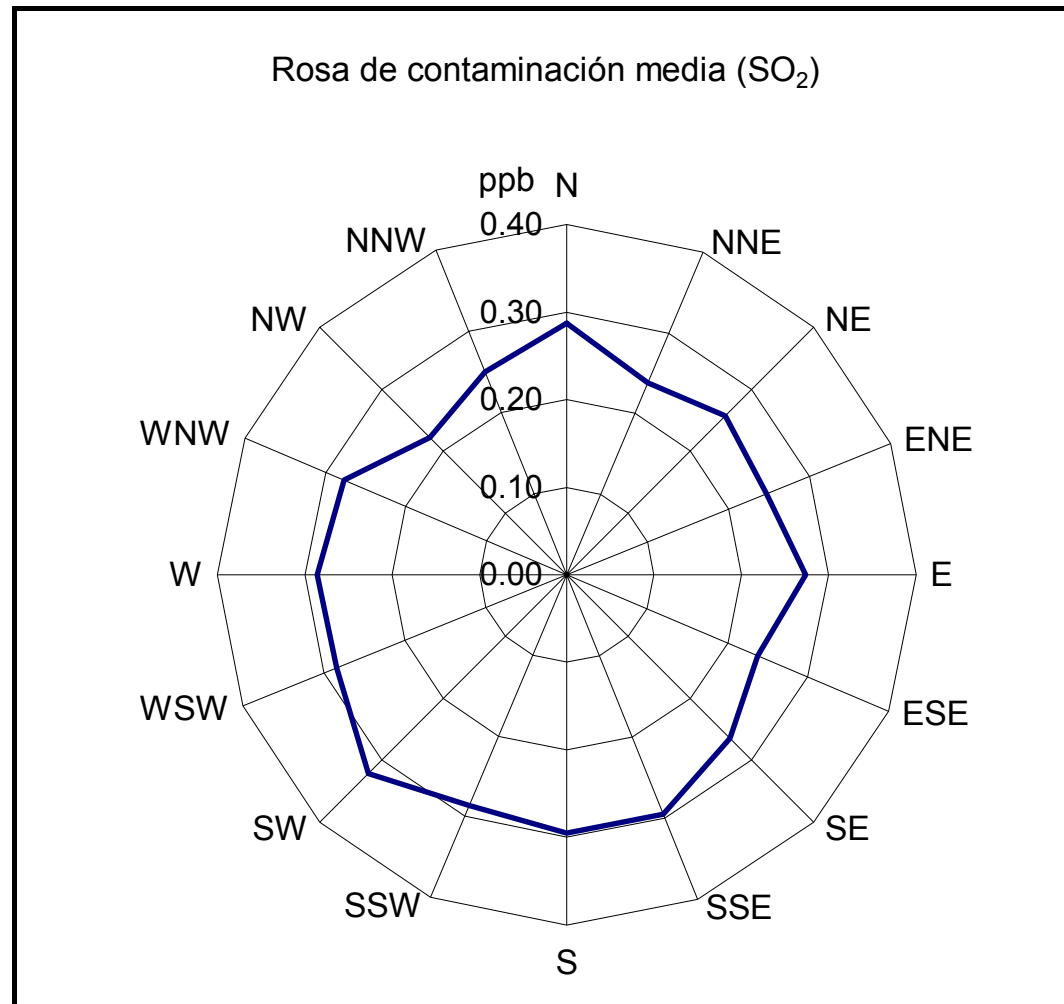


FIGURA 9

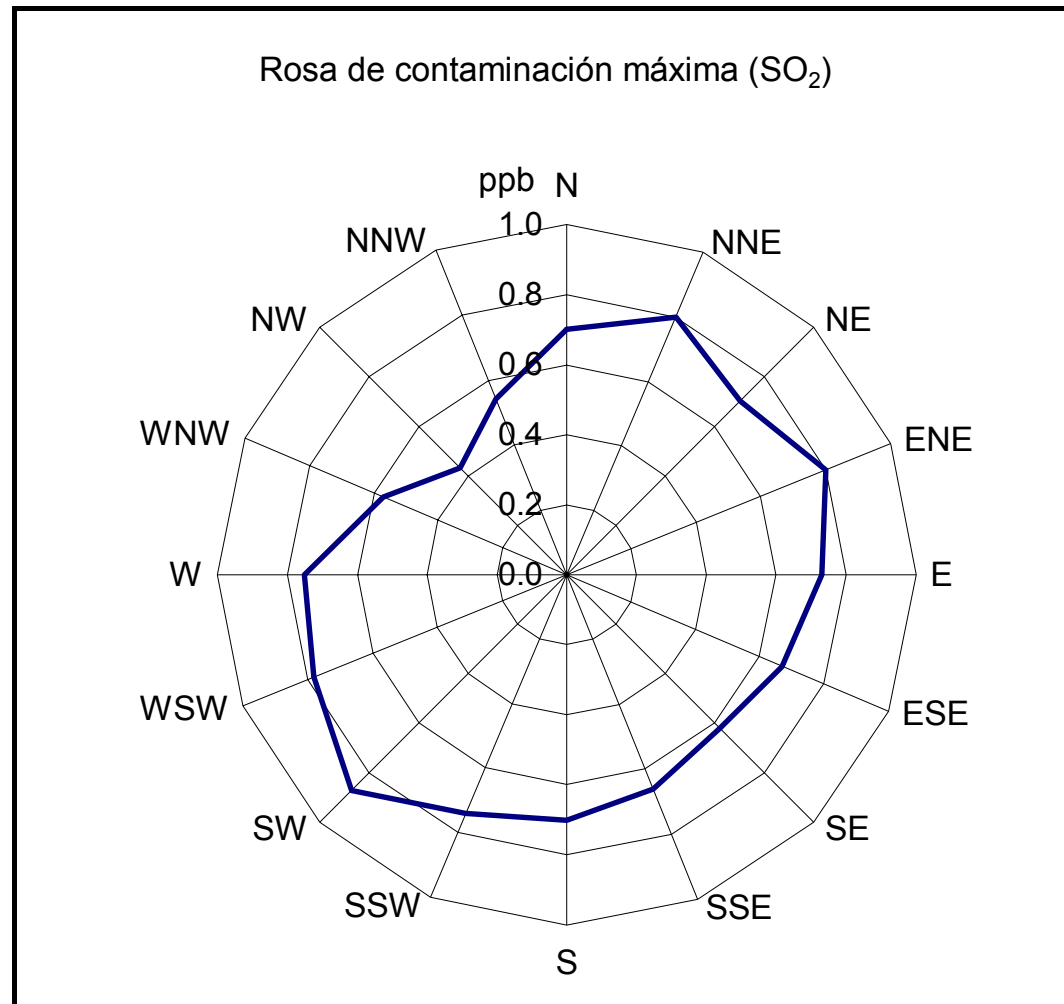


FIGURA 10

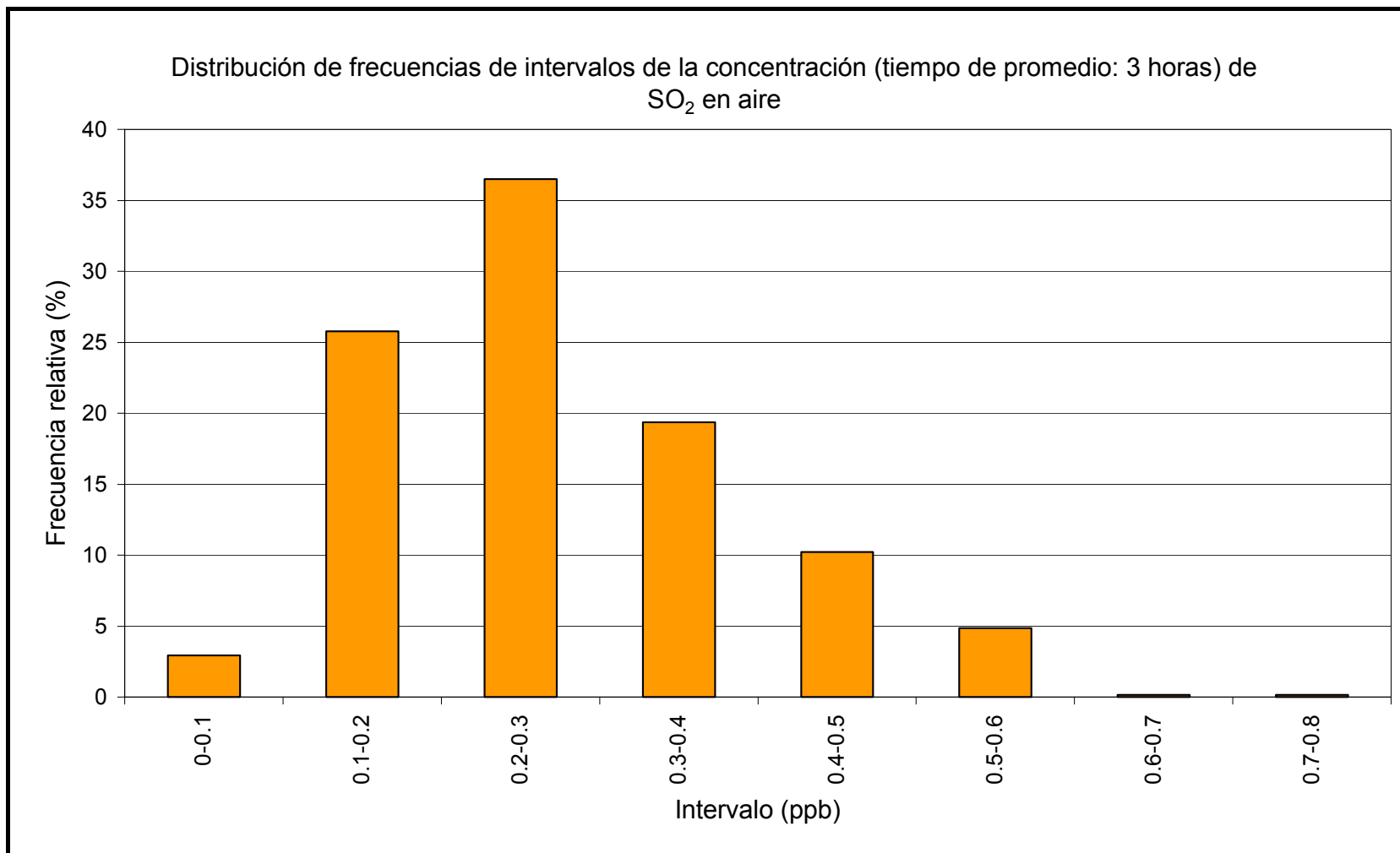


FIGURA 11

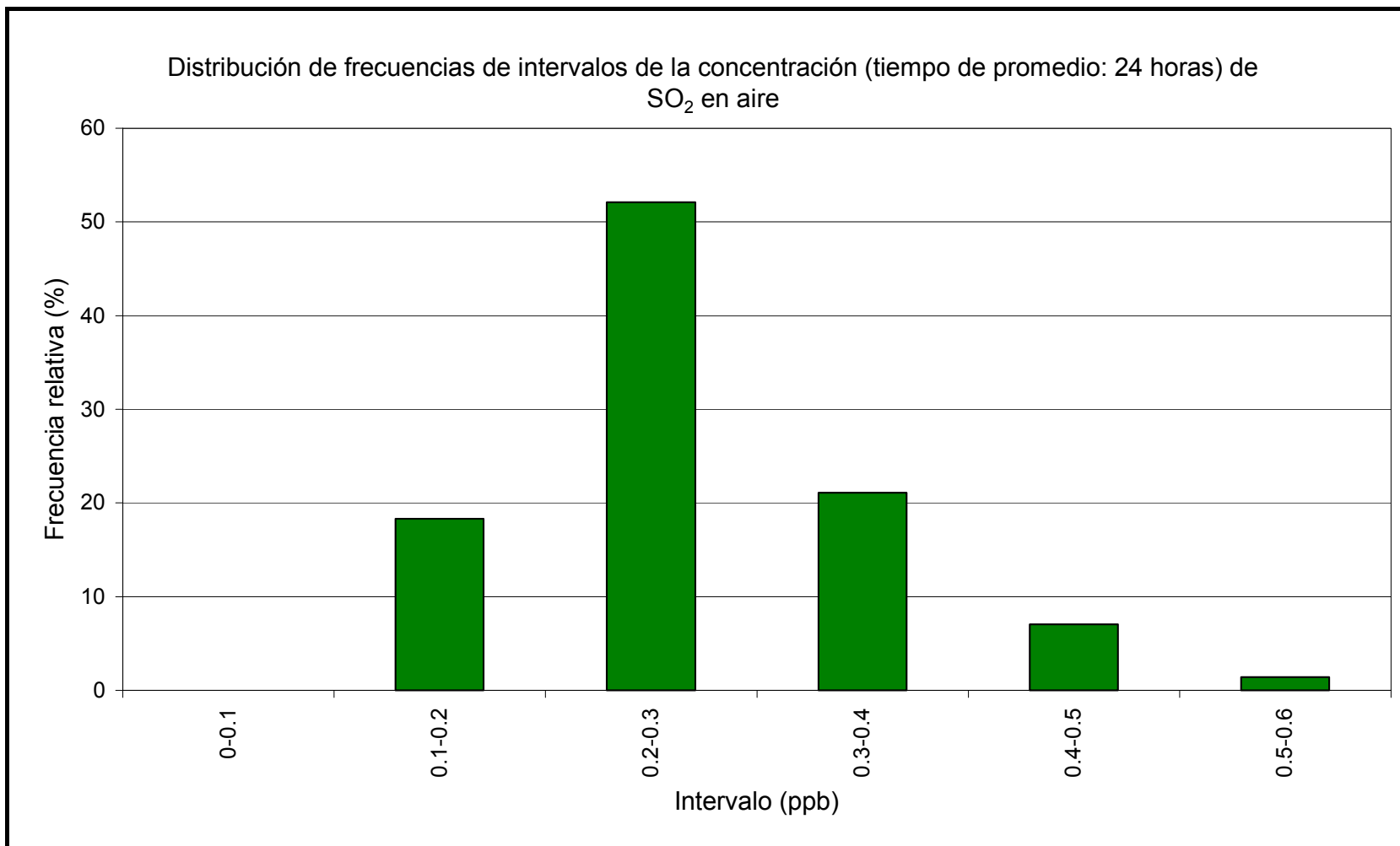


FIGURA 12

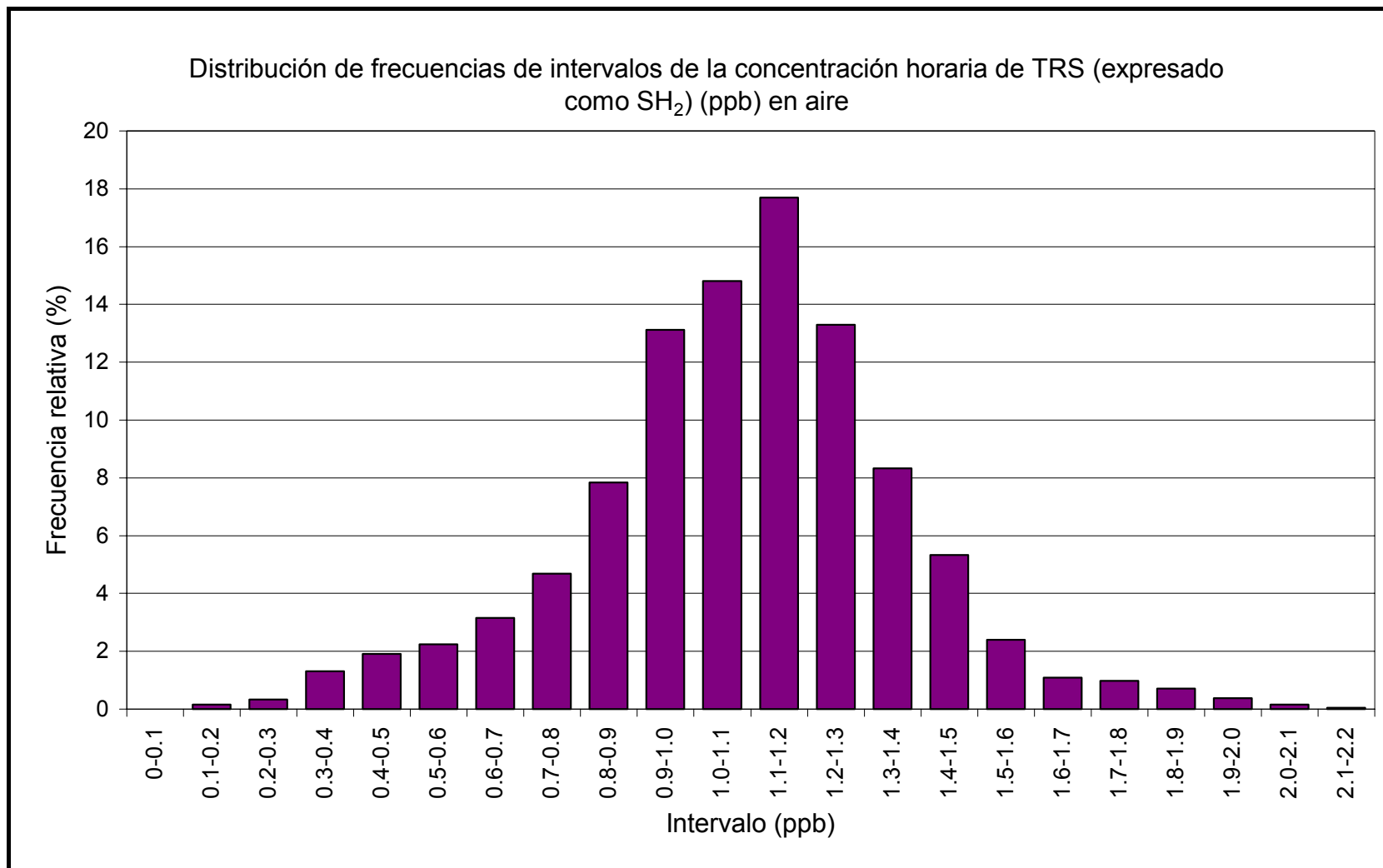


FIGURA 13

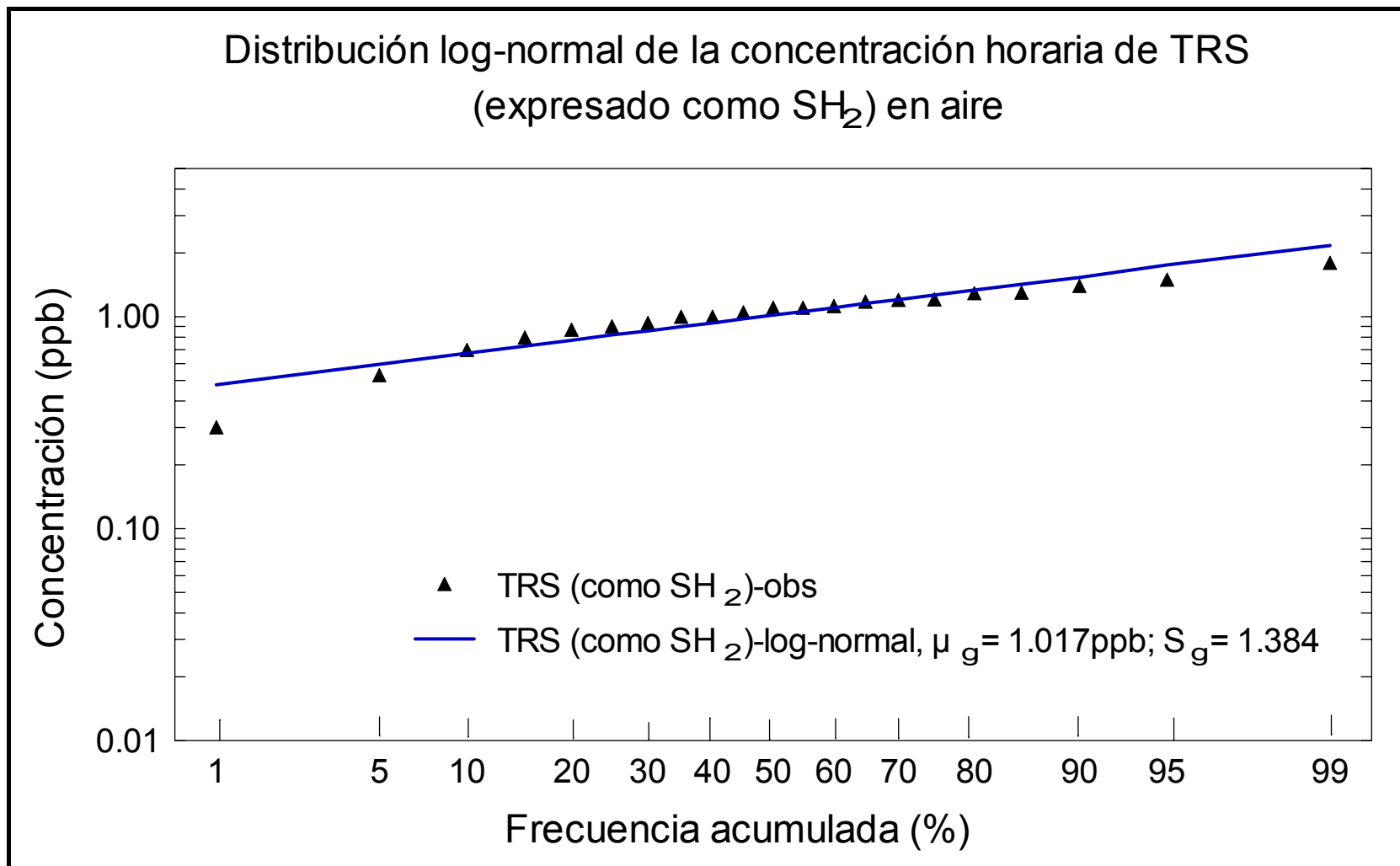


FIGURA 14

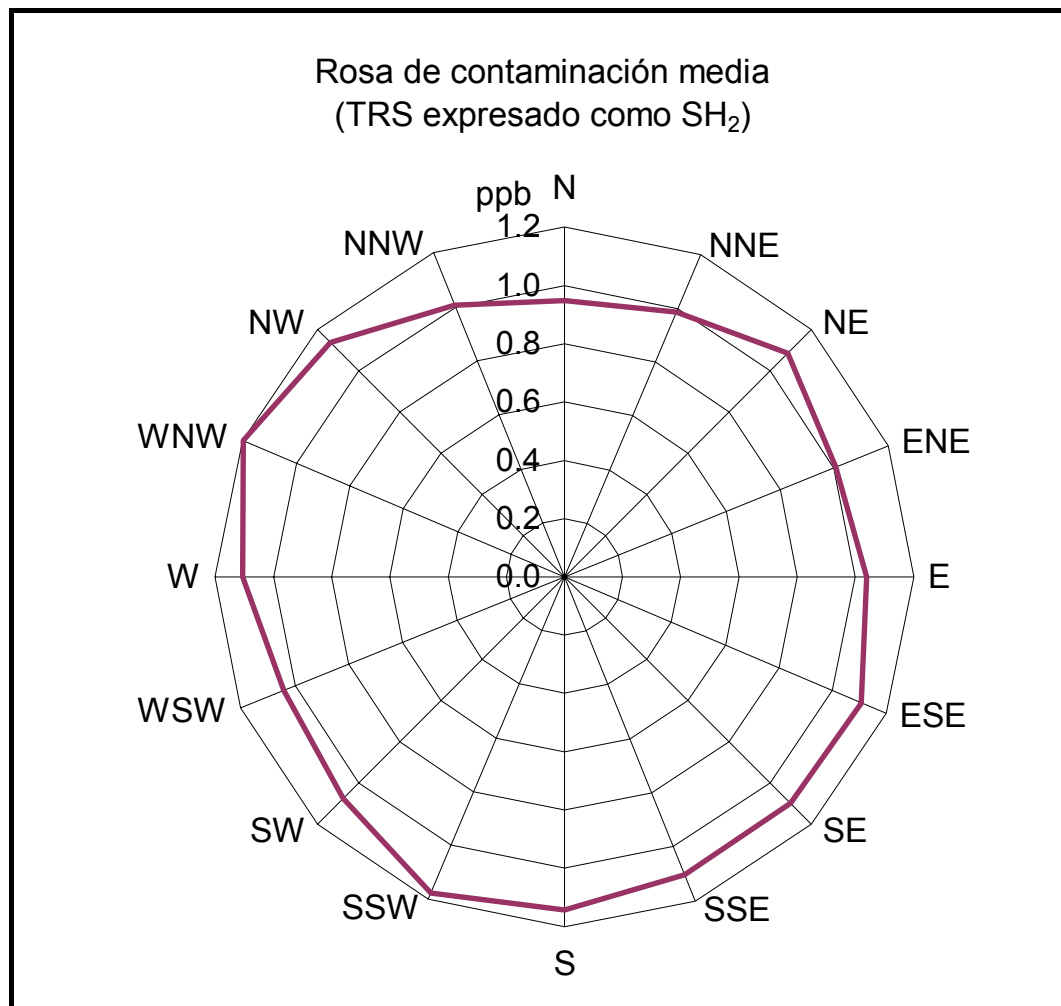


FIGURA 15

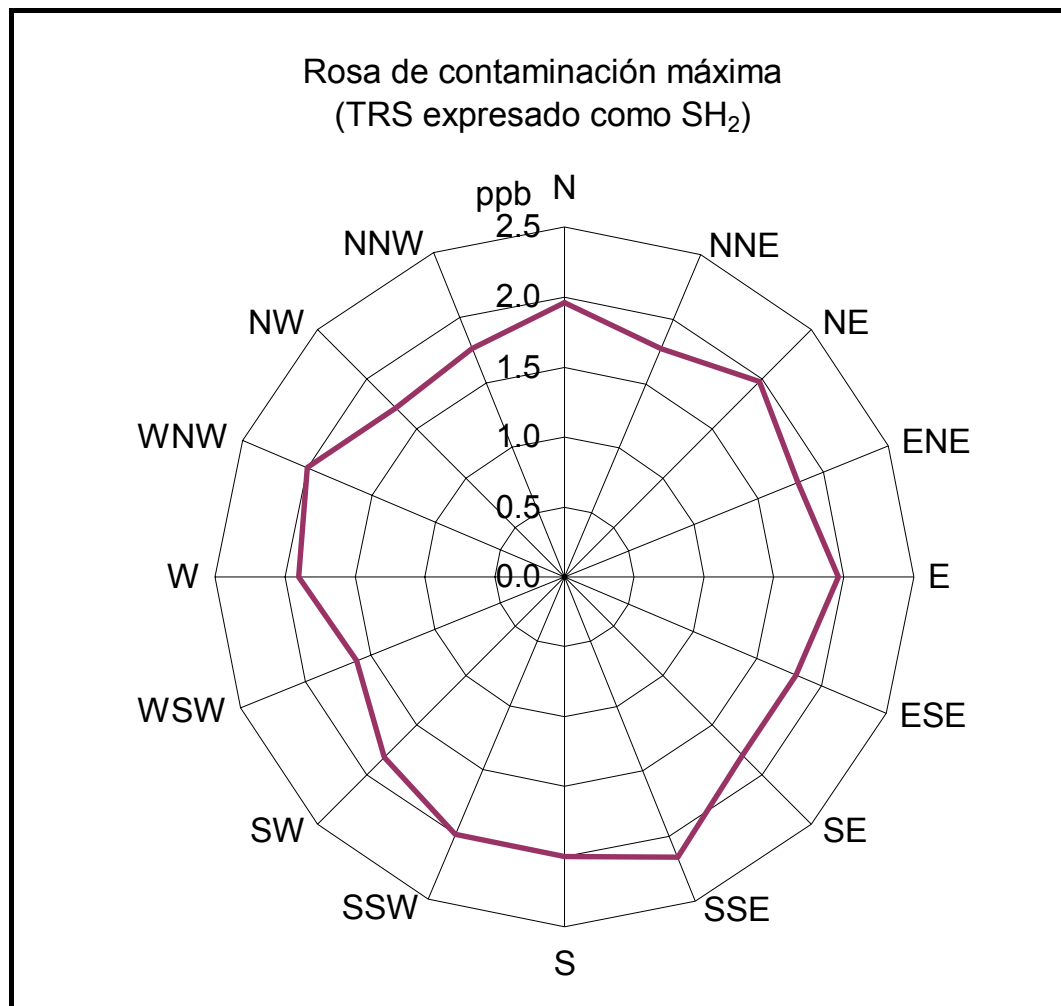


FIGURA 16

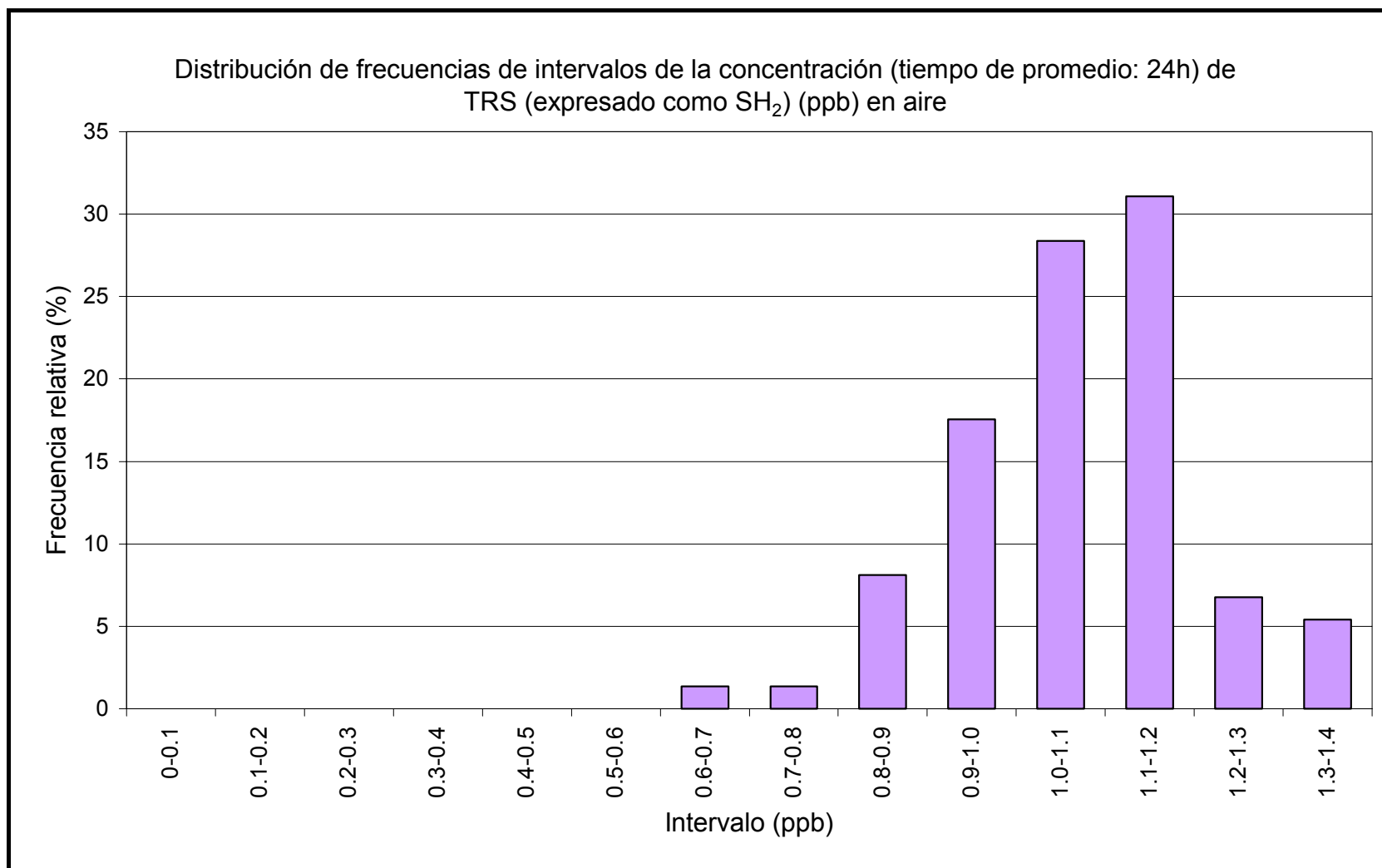


FIGURA 17