

INFORME

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS y DE GASES MEDIDOS EN EL ESTE DEL DEPARTAMENTO DE GUALEGUAYCHÚ, EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Período:

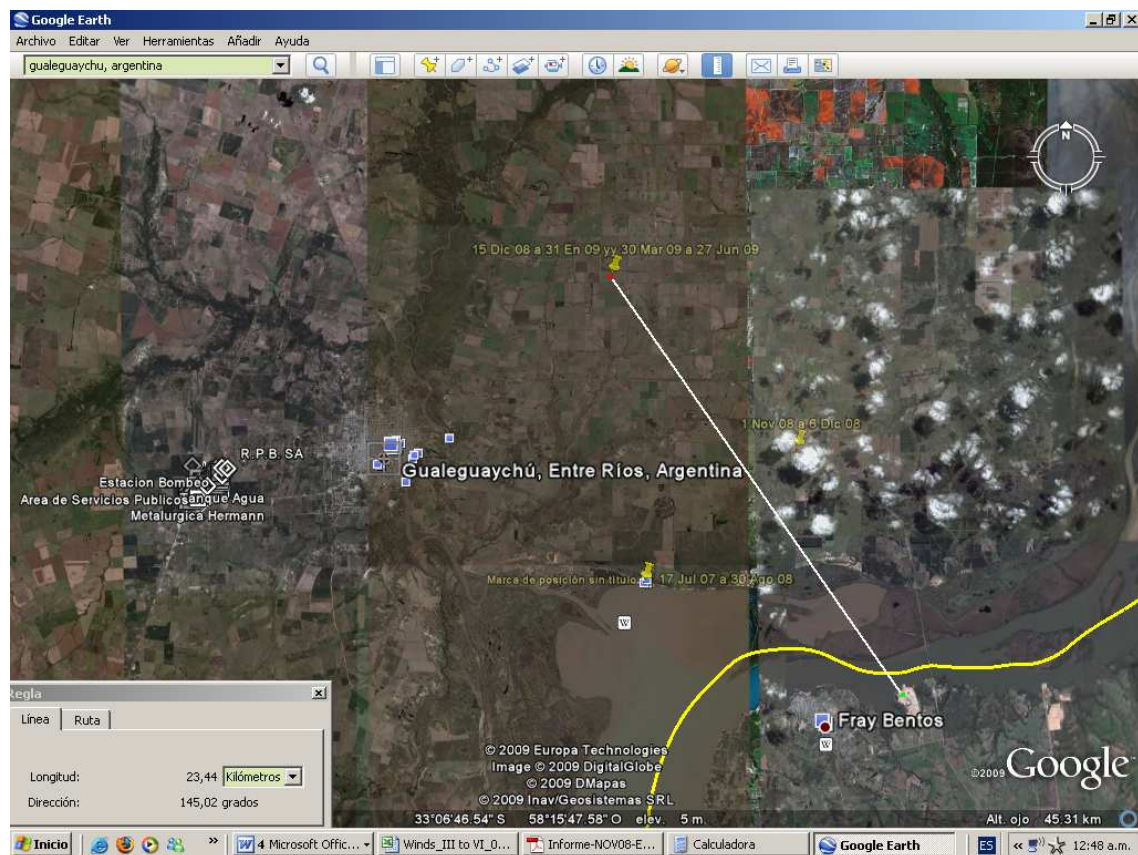
30 de Marzo de 2009 a 27 de Junio de 2009

**Buenos Aires
Julio de 2009**

Desde el 30 de Marzo de 2009 a las 00:00hs hasta el 27 de Junio de 2009 a las 12:00hs, el sensor muestreador-analizador (marca Thermo, modelo 450i) efectuó mediciones de concentraciones horarias de dióxido de azufre (SO_2), de azufre totalmente reducido (TRS) (expresado como H_2S) y de azufre combinado (CS) en aire a nivel del suelo (aproximadamente a 30 m.s.n.m.) en el Este del Departamento Gualeguaychú de la Provincia de Entre Ríos.

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

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 (expresado como sulfuro de hidrógeno), en aire a nivel del suelo determinados en el lugar de medición durante el período mencionado.



El lugar de mediciones se encuentra en una posición prácticamente equidistante de la planta de la empresa Botnia (que se encuentra en dirección 145° respecto del Norte), y del Parque Industrial Gualeguaychú.

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.¹

Adicionalmente, considerando las mediciones registradas de dióxido de azufre (SO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y azufre combinado (CS), e incluyendo las mediciones de velocidad y dirección del viento, se estima la dirección de llegada y de su proporción, al sitio en el cual se encuentra la estación medidora.

¹ Por otra parte, los valores de las concentraciones de dióxido de azufre fueron estimados a partir de los datos de las concentraciones de TRS (expresados como H₂S) y de azufre combinado (CS).

Capítulo I

Transporte de las expresiones de gases azufrados

a) Dirección del viento

El número de datos de dirección del viento correspondiente al período de mediciones es 2105.

De ellas, 48 fueron tomadas en Marzo, 716 en Abril, 725 en Mayo y 616 en Junio.

En la Tabla I se presentan los valores de las frecuencias relativas porcentuales de dirección del viento, considerando al conjunto total, y a las particularidades mensuales, debidas a la variabilidad del patrón de circulación atmosférica.

En las Figuras 1 se presenta la distribución de frecuencias de direcciones del viento.

En Marzo (Figura 1 a) se observa que las direcciones de viento más frecuentes son Este SudEste (35.42 %) y SudEste (20.83 %); y las menos frecuentes corresponden al Sur, Sur SudOeste, Oeste SudOeste y Oeste (todas, 0 %).

En Abril (Figura 1 b) se observa que las direcciones de viento más frecuentes son NorEste (13.69 %), Este (13.13 %) y Este NordEste (12.15 %) y la menos frecuente corresponde al Oeste SudOeste (0.98 %).

En Mayo (Figura 1 c) se observa que las direcciones de viento más frecuentes son Norte NordEste (15.17 %) y NordEste (14.76 %) y las menos frecuentes corresponden al sector comprendido entre el Sur y el Norte NorOeste (entre 0.69 % y 5.38 %).

En Junio (Figura 1 d) se observa que las direcciones de viento más frecuentes son NordEste (20.62 %) y Nord NordEste (12.18 %), y las menos frecuentes corresponden a los vientos del hemisiciclo Sur-Oeste-Norte (a lo sumo 5.19 %).

En el conjunto general (Figura 1 e) se observa que las direcciones de viento más frecuentes son NordEste (16.15 %) y Nord NordEste (11.83 %) y las menos frecuentes corresponden a los vientos del hemisiciclo Sur-Oeste-Norte (a lo sumo 5.99 %).

La dirección del viento que transportaría los contaminantes emitidos desde Botnia hacia la zona de medición (Provincia de Entre Ríos) es 145° (sector SudEste a Sur SudEste – SE a SSE-), respecto del norte. La frecuencia de ocurrencia de vientos de esta dirección y su caracterización es:

Característica		Marzo	Abril	Mayo	Junio	General
Frecuencia Relativa en el mes		22.92 %	13.27 %	14.07 %	<u>20.45 %</u>	15.87 %
Cantidad de eventos en el mes		11	95	102	<u>126</u>	334
Velocidad Promedio (m/s)	SE	3.5	2.0	<u>2.7</u>	2.4	2.4
	SSE	2.8	2.2	2.8	2.3	2.4
Velocidad Máxima (m/s)	SE	4.8	<u>6.5</u>	<u>6.0</u>	5.3	6.5
	SSE	2.8	<u>8.1</u>	<u>5.9</u>	5.2	<u>8.1</u>
Velocidad Mínima (m/s)	SE	1.8	0.4	0.4	0.4	0.4
	SSE	2.8	0.4	0.5	0.4	0.4

Las direcciones fueron consideradas según sectores de 22.5°.

Debe tenerse en cuenta que la distancia entre la emisora y el instrumento de medición es de aproximadamente 23 kilómetros, en línea recta. Por ello, existen perturbaciones de naturaleza turbulenta que pueden debilitar la suposición de que sea el viento del sector (SE a ESE) el que traería principalmente los gases desde la planta de Botnia.

En el caso del evento de mayor velocidad en el mes de Abril (siete de la mañana del día 18) – una masa de aire viajando a 29 km/h puede desplazarse 23 kilómetros en alrededor de 48 minutos-, podría sostenerse mejor la conjetura de la mayor concentración de gases provenientes de esa dirección.

b) Velocidad del viento

Como fue expresado en la sección previa, el número de datos de dirección del viento correspondiente al período de mediciones es 2105.

De ellas, 48 fueron tomadas en Marzo, 716 en Abril, 725 en Mayo y 616 en Junio.

En la Tabla II se incluyen los valores de las velocidades medias del viento para cada dirección, considerando al conjunto total, y a las particularidades mensuales, debidas a la variabilidad del patrón de circulación atmosférica.

En las Figuras 2 se presenta la distribución por cada dirección de la velocidad media del viento.

En Marzo (Figura 2_a) se observa que las más altas velocidades promedio de viento corresponden al NorOeste y al SudEste (3.50 y 3.48 m/s, respectivamente) y la menor medida al Este-NordEste (1.33 m/s)

En Abril (Figura 2_b) se observa que las más altas velocidades promedio de viento corresponden al Nord-NordEste y al Oeste-NordOeste (2.56 y 2.50 m/s, respectivamente) y la menor corresponde al Sur (0.72 m/s).

En Mayo (Figura 2_c) se observa que las más altas velocidades promedio de viento corresponden al Norte, Nord-NordEste y al NordOeste (3.76; 3.36 y 3.35 m/s, respectivamente) y la menor corresponde al Este-NordEste (0.65 m/s).

En Junio (Figura 2_d) se observa que las más altas velocidades promedio de viento corresponden al Nord-NorOeste y al Nord-NordEste (5.00 y 3.84 m/s, respectivamente) y la menor corresponde al Este-NordEste (0.48 m/s).

En el conjunto general (Figura 2_e) se observa que las más altas velocidades promedio de viento corresponden al Nord-NordEste, Nord-NorOeste, y Norte (3.30; 3.00, y 2.94 m/s, respectivamente) y la menor corresponde al Este-NordEste (0.71 m/s).

La velocidad máxima horaria en el período fue 10.69m/s (a las 5 hs del 4 de Abril, desde la dirección Norte).

La dirección del viento que transportaría los contaminantes emitidos desde Botnia hacia la zona de medición (Provincia de Entre Ríos) es 145° (sector SudEste a Sur SudEste – SE a SSE-), respecto del norte. La velocidad promedio del viento de esta dirección y su caracterización pueden verse en la Tabla precedente.

Puede notarse que las mediciones muestran que la velocidad promedio desde el sector (SE a SSE) es menor en Abril.

Esto podría deberse a la variabilidad natural del patrón de circulación atmosférica.

Es notable que la medición de la velocidad máxima desde el sector (SE a SSE) es la mayor en el mismo mes (a las 7 hs y a las 9 hs del día 18 de Abril). Esta circunstancia puede haberse originado en el paso del frente frío consignado por las observaciones del Servicio Meteorológico Nacional.²

² Referido en la página 4 de:

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

En la Figura 3 se encuentran representadas las frecuencias porcentuales acumuladas de velocidades del viento correspondientes al período analizado. Se puede encontrar que casi 86 % de las mediciones de 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 4 se presenta la variación horaria de la velocidad media del viento para el período analizado.

En (los días 30 y 31 de) Marzo se observa que la mayor velocidad media horaria corresponde a la 01 hs. con 3.83 m/s y la menor se presenta a las 19 hs. con 1.93 m/s.

En Abril se observa que la mayor velocidad media horaria corresponde a la franja horaria entre las 11 hs y las 14 hs con mediciones entre 2.57 y 2.77 m/s y la menor se presenta entre las horas 20 y las 21 con mediciones entre 1.05 y 1.06 m/s.

En Mayo se observa que la mayor velocidad media horaria corresponde a la franja horaria entre las 12 hs y las 14 hs con mediciones entre 3.22 y 3.34 m/s y la menor se presenta entre las horas 19 y las 20 con mediciones entre 1.63 y 1.68 m/s.

En Junio se observa que la mayor velocidad media horaria corresponde a la franja horaria entre las 12 hs y las 13 hs con mediciones entre 3.45 y 3.80 m/s y la menor se presenta entre las horas 19 y las 20 con mediciones entre 1.42 y 1.50 m/s.

En Marzo a Junio se observa que la mayor velocidad media horaria corresponde a la franja horaria entre las 12 hs y las 13 hs con mediciones entre 3.14 y 3.15 m/s y la menor se presenta entre las horas 19 y las 20 con mediciones entre 1.43 y 1.49 m/s.

Puede observarse, en la Figura 4, la ocurrencia de las velocidades mayores en la franja de alta actividad convectiva, que ocasiona un mayor movimiento horizontal (compensatorio) de las masas de aire. Las velocidades mínimas ya son en horas de la noche. El caso de los dos días de Marzo (30 y 31) puede referirse nuevamente a lo consignado por el Servicio Meteorológico Nacional, al tratar los aspectos sinópticos relevantes de fines del mes de Marzo y comienzo del mes de Abril.³

A la vez que se presentan las mayores velocidades en el máximo relativo cercano al mediodía, puede expresarse también que esa franja horaria es la de mayor turbulencia,

Servicio Meteorológico Nacional (2009): Boletín Climatológico. Programa de Vigilancia del Clima en la Argentina y en la Región Subantártica Adyacente. Volumen XXI, N° 4. Abril de 2009. Buenos Aires. 29 pp.

³ Véase, por favor, la nota de pie de página previa.

y por ello la eventual llegada de moléculas gaseosas contaminantes puede disminuir, debido a la difusión más intensa debida a la misma turbulencia, a lo largo de todo el trayecto de la masa de aire considerada.

c) Estimación de la expresión relativa de arribo de gases, considerando la Velocidad del viento

Como fuese expresado, considerando las mediciones registradas de dióxido de azufre (SO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y azufre combinado (CS), e incluyendo las mediciones de velocidad y dirección del viento, se estima la dirección de llegada y de su proporción, al sitio en el cual se encuentra la estación medidora.

Las mediciones que contienen la información aludida, son 2105.

De ellas, 48 fueron tomadas en Marzo, 716 en Abril, 725 en Mayo y 616 en Junio.

En todos los casos, se presentan los gráficos diferenciando al mes⁴. La estimación se realiza considerando una medida *proxy* del caudal de aire portador de cada gas –es considerado el producto de la velocidad del viento y la medida de las ppb del gas-, y la fracción volcada en cada gráfico es relativa en el marco de cada mes.

⁴ Debido a la necesidad de considerar la variación estacional del patrón de circulación atmosférica.

c. 1. Estimación de la representación del arribo del gas dióxido de azufre (SO₂)

En el conjunto de Figuras 5 se presenta la estimación de la representación del arribo del gas dióxido de azufre (SO₂), traído por las masas de aire que llegan a la estación medidora.

Fracción de la expresión de Dióxido de Azufre (SO₂) arribada a la estación medidora					
Valores Distinguidos ↓	Marzo (48 datos)	Abril (716 datos)	Mayo (725 datos)	Junio (616 datos)	Marzo a Junio (2105 datos)
Máximo 1	0.36 (ESE)	0.16 (NE)	0.20 (NNE)	0.22 (NE)	0.17 (NE)
Máximo 2	0.24 (SE)	0.11 (NNE y también SE)	0.15 (NE)	0.20 (NNE)	0.17 (NNE)
Del SudEste (SE)	0.24	0.11	0.10	0.11	0.11
Del Sur-SudEste (SSE)	0.02	0.05	0.08	0.11	0.08

En Marzo se observa que el 36 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección Este-SudEste, y que el 24 % lo hace con dirección SudEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 26 %.

En Abril se observa que el 16 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que el 11 % lo hace con dirección Nor-NordEste y también con dirección SudEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 16 %.

En Mayo se observa que el 20 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección Nor-NordEste, y que el 15 % lo hace con dirección NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 18 %.

En Junio se observa que el 22 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que el 20 % lo hace con dirección Nor-NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 22 %.

En Marzo a Junio se observa que el 17 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y también (17 %) lo hace con dirección Nor-NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 19 %.

c. 2. Estimación de la representación del arribo del gas sulfuro de hidrógeno (H₂S)

En el conjunto de Figuras 6 se presenta la estimación de la representación del arribo del gas sulfuro de hidrógeno (H₂S), traído por las masas de aire que llegan a la estación medidora.

Fracción de la expresión de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) arribada a la estación medidora					
Valores Distinguidos ↓	Marzo (48 datos)	Abril (716 datos)	Mayo (725 datos)	Junio (616 datos)	Marzo a Junio (2105 datos)
Máximo 1	0.38 (ESE)	0.16 (NE)	0.20 (NNE)	0.22 (NE)	0.18 (NE)
Máximo 2	0.26 (SE)	0.12 (NNE)	0.15 (NE)	0.20 (NNE)	0.17 (NNE)
Del SudEste (SE)	0.26	0.10	0.09	0.11	0.11
Del Sur-SudEste (SSE)	0.02	0.05	0.08	0.10	0.08

En Marzo se observa que el 38 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección Este-SudEste, y que el 26 % lo hace con dirección SudEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 28 %.

En Abril se observa que el 16 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que el 12 % lo hace con dirección Nor-NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 15 %.

En Mayo se observa que el 20 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección Nor-NordEste, y que el 15 % lo hace con dirección NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 17 %.

En Junio se observa que el 22 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que el 20 % lo hace con dirección Nor-NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 21 %.

En Marzo a Junio se observa que el 18 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que el 17 % lo hace con dirección Nor-NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 19 %.

c. 3. Estimación de la representación del arribo del gas compuesto de azufre (CS)

En el conjunto de Figuras 7 se presenta la estimación de la representación del arribo del gas compuesto de azufre (CS), traído por las masas de aire que llegan a la estación medidora.

Fracción de la expresión de Compuesto de Azufre (CS) arribada a la estación medidora					
Valores Distinguidos ↓	Marzo (48 datos)	Abril (716 datos)	Mayo (725 datos)	Junio (616 datos)	Marzo a Junio (2105 datos)
Máximo 1	0.37 <i>(ESE)</i>	0.16 <i>(NE)</i>	0.20 <i>(NNE)</i>	0.22 <i>(NE)</i>	0.17 <i>(NE)</i>
Máximo 2	0.24 <i>(SE)</i>	0.11 <i>(NNE y también SE)</i>	0.15 <i>(NE)</i>	0.20 <i>(NNE)</i>	0.17 <i>(NNE)</i>
Del SudEste (SE)	0.24	0.11	0.10	0.11	0.11
Del Sur-SudEste (SSE)	0.02	0.05	0.08	0.10	0.08

En Marzo se observa que el 37 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección Este-SudEste, y que el 24 % lo hace con dirección SudEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 26 %.

En Abril se observa que el 16 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que el 11 % lo hace con dirección Nor-NordEste, y también (11 %) del SudEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 16 %.

En Mayo se observa que el 20 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección Nor-NordEste, y que el 15 % lo hace con dirección NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 18 %.

En Junio se observa que el 22 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que el 20 % lo hace con dirección Nor-NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 21 %.

En Marzo a Junio se observa que el 17 % de la estimación del caudal arribado, llega a la estación medidora con dirección NordEste, y que también (17 %) lo hace con dirección Nor-NordEste.

La estimación que llegaría con dirección del sector de interés (SudEste a Sur-SudEste - SE a SSE-) es 19 %.

Recomendaciones

En el caso de los arribos de las expresiones de los gases referidos, es apropiado indicar que se percibe preponderante a las contribuciones que provendrían de las direcciones con componente Este.

Al respecto, puede verse también la serie de Figuras 1 –referidas a la dirección del viento-⁵.

Conjeturalmente, se podría considerar al arribo desde la dirección del sector Norte a Este, como un origen de gases que ameritaría identificar.

⁵ Es pertinente tener en cuenta la disminución de la preponderancia de la dirección del viento desde el Este-Nordeste, conforme se desplaza el patrón de vientos hacia mayores latitudes, al instalarse la estación otoñal.

Capítulo II

Ponderación de las expresiones de gases azufrados

Observación preliminar:

Los valores expresados en unidades ppb se refieren a la medida 'partes por billón'.

Por convenciones en vigencia, la medida 'partes por billón' representa '10³ partes por millón'.

Dióxido de Azufre

Los valores medidos para el dióxido de azufre en el período indicado pueden caracterizarse del modo:

Datos	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
Cantidad de Datos	48	716	725	616	2105
Promedio de SO ₂ (ppb)	0,34	0,39	0,41	0,34	0,38
Máx de SO ₂ (ppb)	0,40	0,67	0,70	0,70	0,70
Mín de SO ₂ (ppb)	0,27	0,10	0,23	0,23	0,10
Desvío Estándard de SO ₂ (ppb)	0,05	0,07	0,12	0,06	0,09

Valor Máximo de la expresión de Dióxido de Azufre (SO ₂) arribada a la estación medidora					
Valores Distinguidos ↓	Marzo (48 datos)	Abril (716 datos)	Mayo (725 datos)	Junio (616 datos)	Marzo a Junio (2105 datos)
Máximo 1	0.397 (NE)	0.666 (ENE)	0.700 (SE)	0.700 (NNE)	0.700 (NNE)
Máximo 2	0.383 (Sector: ENE a SE)	0.666 (SE)	0.696 (SSE)	0.587 (ESE, WNW y NW)	0.700 (SE)
Del SudEste (SE)	0.383	0.666	0.700	0.510	0.700
Del Sur- SudEste (SSE)	0.289	0.587	0.696	0.510	0.696

La distribución de los valores máximos de la concentración de dióxido de azufre puede verse en la Tabla V y en las Figuras 8.

Los valores umbrales que no deben ser superados, en los lapsos de tiempo expresos por las regulaciones en vigencia se presentan en la tabla siguiente.

Distrito u Organización	Tiempo de promedio	Valor SO ₂ (ppb)
Ley Nacional 20284 (de 1973)	Promedio Mensual	30
Provincia de Entre Ríos, Argentina. (Decreto 5837/91, reglamentario de la Ley 6260)	Promedio en 24 horas	19
Ciudad de Buenos Aires, Argentina. (Decreto 198/06, reglamentario de la Ley 1356)	3 horas	500
	24 horas	140
	Media aritmética Anual	30
Provincia de Buenos Aires, Argentina. (Decreto 3395/96, reglamentario de la Ley 5965)	3 horas	500
	24 horas	140
	Media aritmética Anual	30
Estados Unidos de Norteamérica	3 horas	500
	Promedio en 24 horas	140
Unión Europea (2000)	Promedio en 24 horas	48
Organización Mundial de la Salud (2005)	Promedio en 24 horas	8

Las mediciones realizadas en la posición de la estación medidora muestran que las masas de aire que llegan hasta ella, permiten observar que incluso los valores máximos alcanzados, representan concentraciones inferiores a las especificaciones más estrictas.

Sulfuro de Hidrógeno

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:

Compuesto	Porcentaje de emisiones de TRS	
	Caldera de recuperación	Horno de cal
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	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 solamente por H₂S. 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 condición de máxima que todo el TRS estuvo compuesta totalmente por H₂S.

Los valores medidos para el sulfuro de hidrógeno en el período indicado pueden caracterizarse del modo:

Datos	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
Cantidad de Datos	48	716	725	616	2105
Promedio de H ₂ S (ppb)	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06
Máx de H ₂ S (ppb)	0,07	0,58	0,67	0,10	0,67
Mín de H ₂ S (ppb)	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Desvío Estándard de H ₂ S ppb	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02

Valor Máximo de la expresión atribuible al Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S) arribada a la estación medidora					
Valores Distinguidos ↓	Marzo (48 datos)	Abril (716 datos)	Mayo (725 datos)	Junio (616 datos)	Marzo a Junio (2105 datos)
Máximo 1	0.074 (NE)	0.580 (E)	0.666 (ESE)	0.098 (N)	0.666 (ESE)
Máximo 2	0.074 (ESE y SE)	0.086 (NNE)	0.470 (E)	0.091 (NE, Sector E a SSE, y WNW)	0.580 (E)
Del SudEste (SE)	0.074	0.084	0.101	0.091	0.101
Del Sur-SudEste (SSE)	0.070	0.084	0.100	0.091	0.100

La distribución de los valores máximos de la concentración de sulfuro de hidrógeno puede verse en la Tabla VI, y en las Figuras 9.

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

Compuesto	Concentración	Tiempo de Promedio
Sulfuro de Hidrógeno	0.15 mg/m ³ ~ 108 ppb	24 horas

Suponiendo, como condición ambiental y potencialmente comprometida, que los TRS están constituidos sólo por H₂S, se encuentra que los valores máximos medidos son

inferiores al nivel guía de calidad de aire recomendado por la Organización Mundial de la Salud (2000).

Percepción de olor

La Organización Mundial de la Salud (2000) 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, que se presentan en la siguiente Tabla:

Compuesto	Umbral de Detección	Umbral de Reconocimiento	Valor Guía (Promedio de 30 minutos)
Sulfuro de Hidrógeno	0.0002 a 0.002 mg/m ³ ~ 0.144 a 1.44 ppb	0.0006 a 0.006 mg/m ³ ~ 0.432 a 4.32 ppb	0.007 mg/m ³ ~ 5.04 ppb

Suponiendo que los TRS están constituidos sólo por sulfuro de hidrógeno, la comparación de los valores máximos medidos de las concentraciones de TRS (expresados como H₂S) en el aire que llega a la estación medidora, con los presentados en la tabla precedente, muestran que:

- i) se encuentran levemente por encima de los valores mínimos de los umbrales de detección y de reconocimiento.
- ii) son inferiores al valor guía recomendado para el olor por la Organización Mundial de la Salud (2000).

Azufre Combinado

Los valores medidos para el azufre combinado en el período indicado pueden caracterizarse del modo:

Datos	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
Cantidad de Datos	48	716	725	616	2105
Promedio de CS (ppb)	0,40	0,45	0,47	0,40	0,44
Máx de CS (ppb)	0,47	0,95	1,02	0,78	1,02
Mín de CS (ppb)	0,33	0,17	0,27	0,28	0,17
Desvío Estándar de CS ppb	0,05	0,08	0,13	0,06	0,10

Valor Máximo de la expresión de Compuesto de Azufre (CS) arribada a la estación medidora					
Valores Distinguidos ↓	Marzo (48 datos)	Abril (716 datos)	Mayo (725 datos)	Junio (616 datos)	Marzo a Junio (2105 datos)
Máximo 1	0.471 (NE)	0.952 (E)	1.021 (ESE)	0.784 (NNE)	1.021 (ESE)
Máximo 2	0.457 (ESE)	0.746 (SE)	0.821 (E)	0.678 (N)	0.952 (E)
Del SudEste (SE)	0.450	0.746	0.800	0.570	0.800
Del Sur-SudEste (SSE)	0.359	0.647	0.796	0.582	0.796

La distribución de los valores máximos de la concentración de azufre combinado puede verse en la Tabla VII, y en las Figuras 10.

Recomendaciones

En el caso de las mediciones referidas, puede indicarse que los responsables del informe correspondiente al período 1º de Noviembre de 2008 a 31 de Enero de 2009 ya habían expresado que los valores estaban por debajo de los límites inferiores de las reglamentaciones pertinentes.

La significación de las concentraciones amerita realizar un seguimiento más atento de estos valores, por cuanto constituyen uno de los motivos de discusión originados por el emplazamiento de la planta de Botnia.

Con el análisis expuesto en el capítulo anterior, puede verse el comportamiento de los movimientos de las masas de aire, y, en cierto modo, una comparación de la medida de cuánta carga de gases está contenida en ellas.

De todos modos, puede verse que dicho ejercicio es realizado contando con un razonamiento de *cocientes*, y no requiere la expresión de cuáles son los *valores reales* de esas cantidades comparadas.

Teniendo en cuenta la especificidad y criticalidad de las mediciones de las expresiones de las concentraciones, se manifiesta como necesario contar con mediciones –de los compuestos gaseosos- comparables en un lugar cercano al ocupado por la estación medidora en uso.

Por ello, se torna recomendable que el proyecto pueda incorporar una estación medidora adicional, para controlar las marchas de las mediciones de estos delicados parámetros.

TABLAS

Tabla I. Valores de frecuencias relativas porcentuales de direcciones del viento

Dirección	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
	(48 datos)	(716 datos)	(725 datos)	(616 datos)	(2105 datos)
Frecuencia Relativa (%)					
N	2,08	7,12	8,41	7,63	7,60
NNE	4,17	8,66	15,17	12,18	11,83
NE	16,67	13,69	14,76	20,62	16,15
ENE	2,08	12,15	7,59	6,01	8,55
E	6,25	13,13	9,24	4,38	9,07
ESE	35,42	9,92	6,07	5,84	7,98
SE	20,83	9,50	7,86	10,55	9,50
SSE	2,08	3,77	6,21	9,90	6,37
S	0,00	1,40	2,90	2,92	2,33
SSW	0,00	1,12	4,55	5,19	3,47
SW	4,17	3,49	3,31	2,44	3,14
WSW	0,00	0,98	1,52	2,27	1,52
W	0,00	2,65	2,90	1,95	2,47
WNW	2,08	3,35	3,45	2,60	3,14
NW	4,17	7,82	5,38	4,71	5,99
NNW	0,00	1,26	0,69	0,81	0,90
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

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

Dirección	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
	(48 datos)	(716 datos)	(725 datos)	(616 datos)	(2105 datos)
	Velocidad Promedio (m/s)				
N	2,61	1,88	3,76	3,03	2,94
NNE	2,68	2,56	3,36	3,84	3,30
NE	2,75	2,25	2,28	2,49	2,36
ENE	1,33	0,85	0,65	0,48	0,71
E	2,43	1,41	1,03	0,75	1,20
ESE	3,01	1,86	2,32	1,65	2,05
SE	3,48	1,98	2,71	2,39	2,40
SSE	2,81	2,23	2,78	2,26	2,43
S	,,	0,72	1,94	0,89	1,30
SSW	,,	1,35	1,97	2,27	2,04
SW	1,43	1,76	1,61	2,71	1,91
WSW	,,	1,54	1,05	1,92	1,54
W	,,	2,26	1,38	2,08	1,86
WNW	2,61	2,50	1,81	1,88	2,09
NW	3,50	1,63	3,35	2,48	2,39
NNW	,,	2,31	2,24	5,00	3,00
<i>Promedio General</i>	2,92	1,81	2,35	2,35	2,18

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

Límite superior del intervalo (m/s)	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
	(48 datos)	(716 datos)	(725 datos)	(616 datos)	(2105 datos)
Frecuencia relativa porcentual acumulada (%)					
1	0,00	32,12	27,72	29,55	29,12
2	16,67	62,85	49,10	49,35	53,11
3	58,33	82,68	66,90	69,16	72,73
4	87,50	93,30	83,17	81,98	86,37
5	100,00	97,91	92,41	90,42	93,87
6	100,00	99,30	97,24	96,75	97,86
7	100,00	99,72	99,31	99,19	99,43
8	100,00	99,72	99,86	99,84	99,81
9	100,00	99,86	100,00	99,84	99,90
10	100,00	99,86	100,00	100,00	99,95
11	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla IV. Valores medios horarios de la velocidad del viento

Hora	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
	(48 datos)	(716 datos)	(725 datos)	(616 datos)	(2105 datos)
Velocidad Promedio del Viento (m/s)					
0	3,69	1,24	2,02	1,93	1,76
1	3,83	1,43	1,96	1,90	1,80
2	3,01	1,54	1,86	2,03	1,83
3	2,44	1,54	2,09	2,13	1,92
4	3,08	1,51	2,20	1,94	1,91
5	3,65	1,71	2,31	2,15	2,09
6	3,44	1,32	1,95	1,87	1,74
7	3,65	1,50	1,95	2,05	1,86
8	3,04	1,40	1,77	1,95	1,72
9	2,83	1,60	2,01	1,82	1,83
10	2,60	2,52	2,59	2,05	2,40
11	3,13	2,76	3,07	3,34	3,05
12	2,18	2,77	3,28	3,45	3,14
13	2,17	2,57	3,22	3,80	3,15
14	2,21	2,77	3,34	3,18	3,07
15	2,17	2,45	3,13	3,39	2,95
16	3,08	2,49	2,98	3,29	2,91
17	3,01	2,27	2,99	2,85	2,71
18	3,21	2,21	2,55	2,40	2,41
19	1,93	1,37	1,63	1,42	1,49
20	2,49	1,05	1,68	1,50	1,43
21	2,65	1,06	1,82	1,76	1,56
22	3,33	1,12	1,97	1,85	1,67
23	3,14	1,27	1,88	2,01	1,74
Total general	2,92	1,81	2,35	2,35	2,18

Tabla V. Valores máximos de concentración de SO₂ (ppb), por dirección

Dirección	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
	(48 datos)	(716 datos)	(725 datos)	(616 datos)	(2105 datos)
	Concentración Máxima de SO ₂ (ppb)				
N	0,370	0,554	0,666	0,587	0,666
NNE	0,298	0,491	0,666	0,700	0,700
NE	0,397	0,587	0,666	0,396	0,666
ENE	<u>0,383</u>	0,666	0,666	0,397	0,666
E	<u>0,383</u>	0,587	0,666	0,386	0,666
ESE	<u>0,383</u>	0,587	0,666	<u>0,587</u>	0,666
SE	<u>0,383</u>	0,666	0,700	0,510	0,700
SSE	0,289	0,587	<u>0,696</u>	0,510	0,696
S	...	0,512	0,651	0,510	0,651
SSW	...	0,587	0,666	0,510	0,666
SW	0,291	0,435	0,599	0,396	0,599
WSW	...	0,417	0,590	0,379	0,590
W	...	0,518	0,479	0,380	0,518
WNW	0,371	0,438	0,666	<u>0,587</u>	0,666
NW	0,370	0,554	0,666	<u>0,587</u>	0,666
NNW	...	0,432	0,496	0,343	0,496
<i>General</i>	<i>0,397</i>	<i>0,666</i>	<i>0,700</i>	<i>0,700</i>	<i>0,700</i>

Tabla VI. Valores máximos de concentración de H₂S (ppb), por dirección

Dirección	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
	(48 datos)	(716 datos)	(725 datos)	(616 datos)	(2105 datos)
	Concentración Máxima de H ₂ S(ppb)				
N	0,060	0,084	0,084	0,098	0,098
NNE	0,050	<u>0,086</u>	0,093	0,084	0,093
NE	0,074	0,084	0,093	<u>0,091</u>	0,093
ENE	0,058	0,083	0,087	0,075	0,087
E	0,065	0,580	<u>0,470</u>	<u>0,091</u>	<u>0,580</u>
ESE	0,074	0,084	0,666	<u>0,091</u>	0,666
SE	0,074	0,084	0,101	<u>0,091</u>	0,101
SSE	0,070	0,084	0,100	<u>0,091</u>	0,100
S	...	0,078	0,098	0,084	0,098
SSW	...	0,083	0,094	0,081	0,094
SW	0,070	0,084	0,097	0,062	0,097
WSW	...	0,084	0,091	0,067	0,091
W	...	0,075	0,091	0,084	0,091
WNW	0,060	0,078	0,091	<u>0,091</u>	0,091
NW	0,060	0,084	0,091	0,081	0,091
NNW	...	0,074	0,091	0,081	0,091
<i>General</i>	<i>0,074</i>	<i>0,580</i>	0,666	<i>0,098</i>	0,666

Tabla VII. Valores máximos de concentración de CS (ppb), por dirección

Dirección	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total general
	(48 datos)	(716 datos)	(725 datos)	(616 datos)	(2105 datos)
	Concentración Máxima de CS(ppb)				
N	0,430	0,620	0,750	<u>0,678</u>	0,750
NNE	0,348	0,566	0,750	0,784	0,784
NE	0,471	0,632	0,749	0,470	0,749
ENE	0,441	0,738	0,749	0,456	0,749
E	0,441	0,952	<u>0,821</u>	0,447	<u>0,952</u>
ESE	<u>0,457</u>	0,659	1,021	0,628	1,021
SE	0,450	<u>0,746</u>	0,800	0,570	0,800
SSE	0,359	0,647	0,796	0,582	0,796
S	...	0,572	0,748	0,577	0,748
SSW	...	0,647	0,746	0,577	0,746
SW	0,361	0,507	0,684	0,452	0,684
WSW	...	0,501	0,672	0,439	0,672
W	...	0,590	0,564	0,464	0,590
WNW	0,431	0,506	0,750	0,678	0,750
NW	0,430	0,595	0,750	0,648	0,750
NNW	...	0,485	0,587	0,420	0,587
<i>General</i>	<i>0,471</i>	<i>0,952</i>	<i>1,021</i>	<i>0,784</i>	<i>1,021</i>

FIGURAS

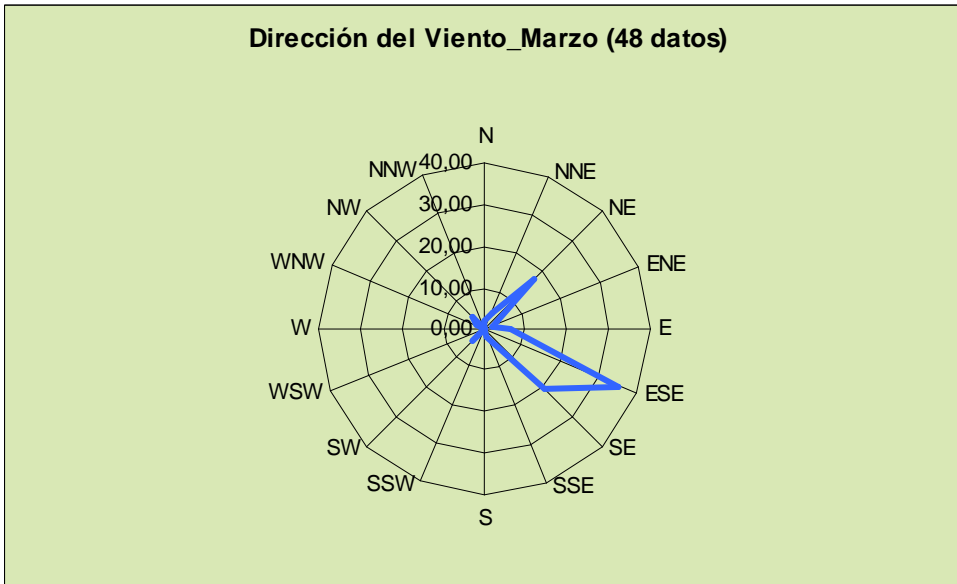


Figura 1 a
Marzo

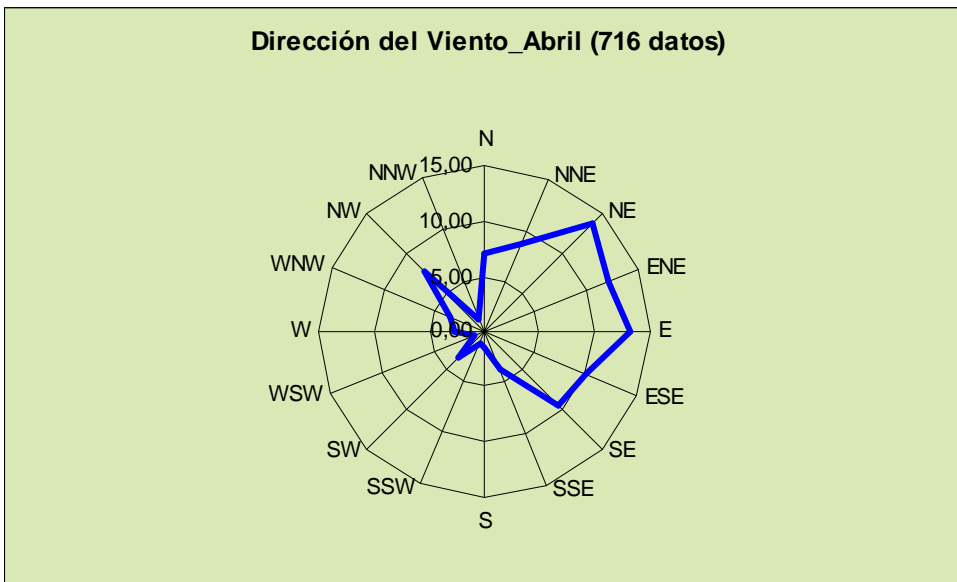


Figura 1 b
Abril

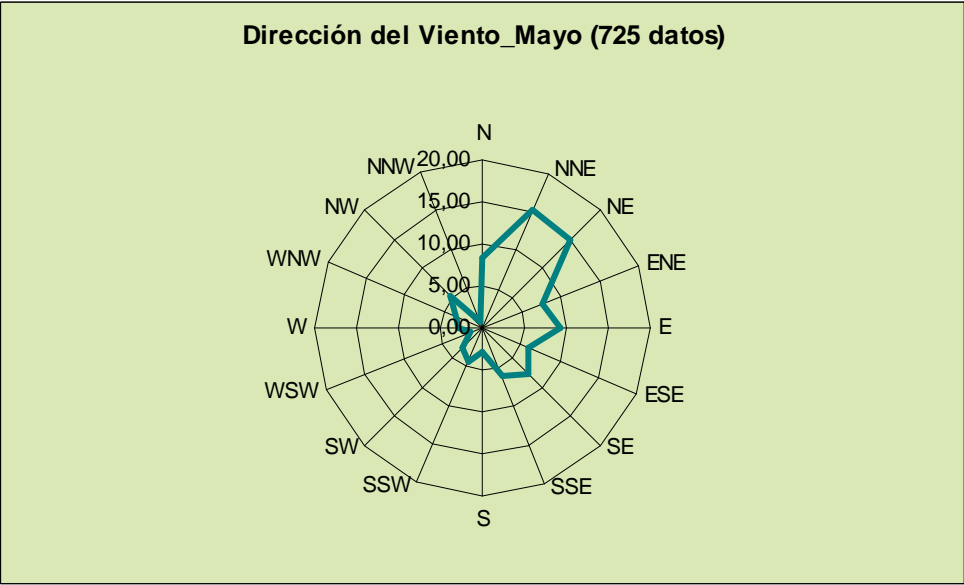


Figura 1 c
Mayo

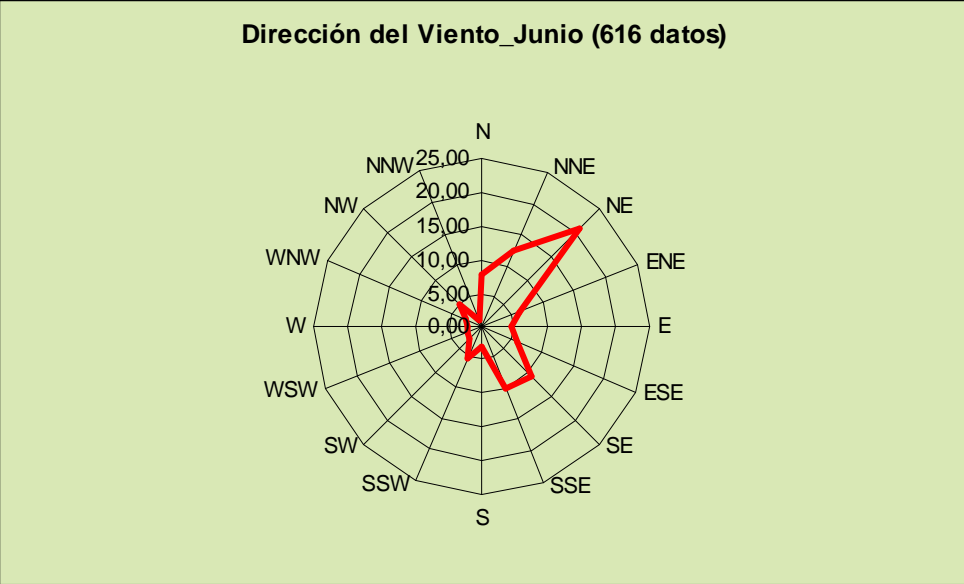


Figura 1 d
Junio

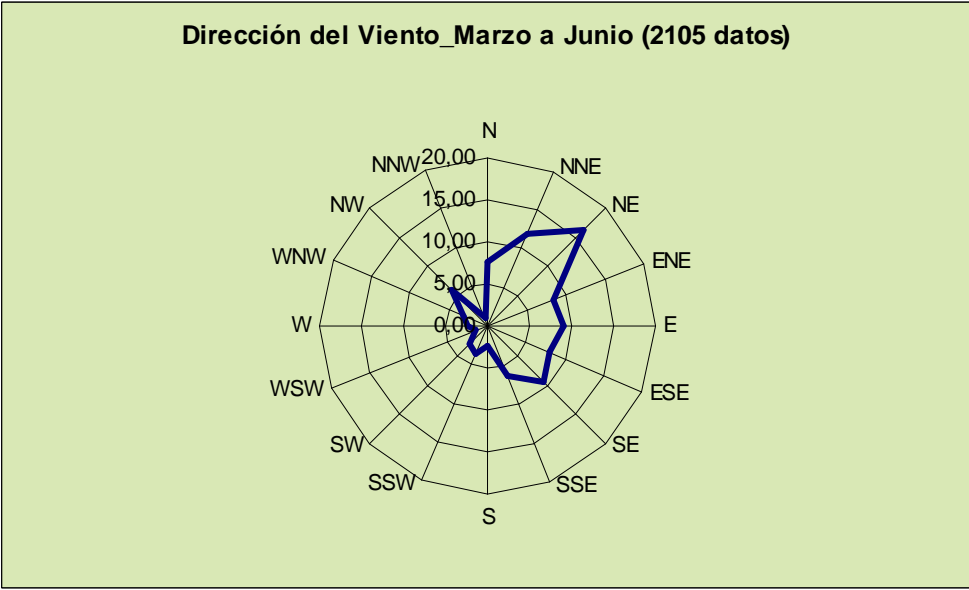


Figura 1 e
Marzo a Junio

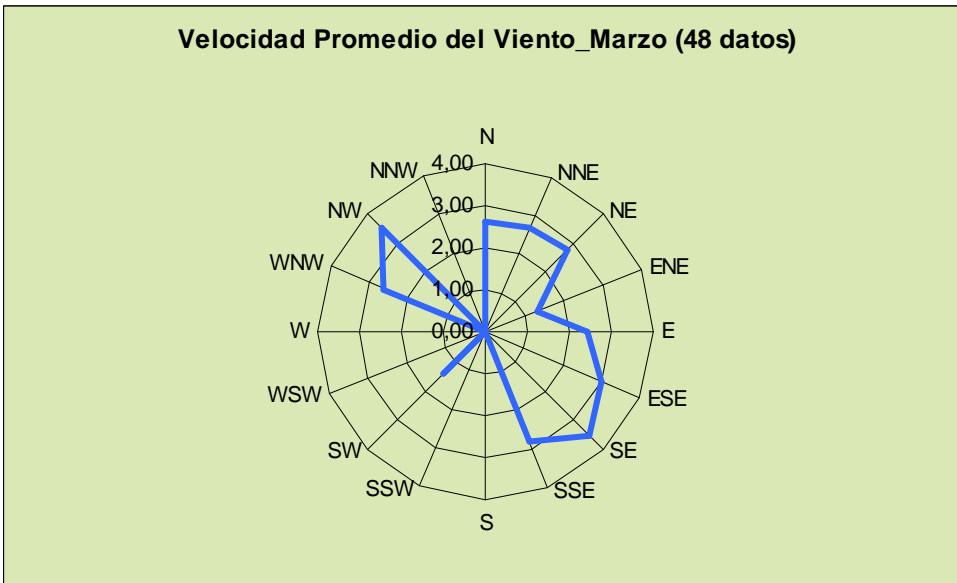


Figura 2 a
Marzo

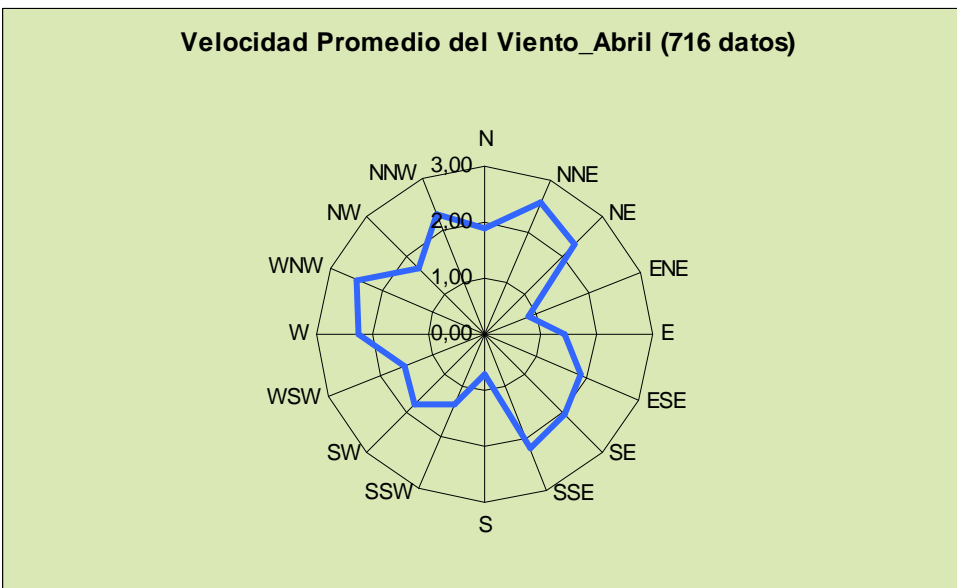


Figura 2 b
Abril

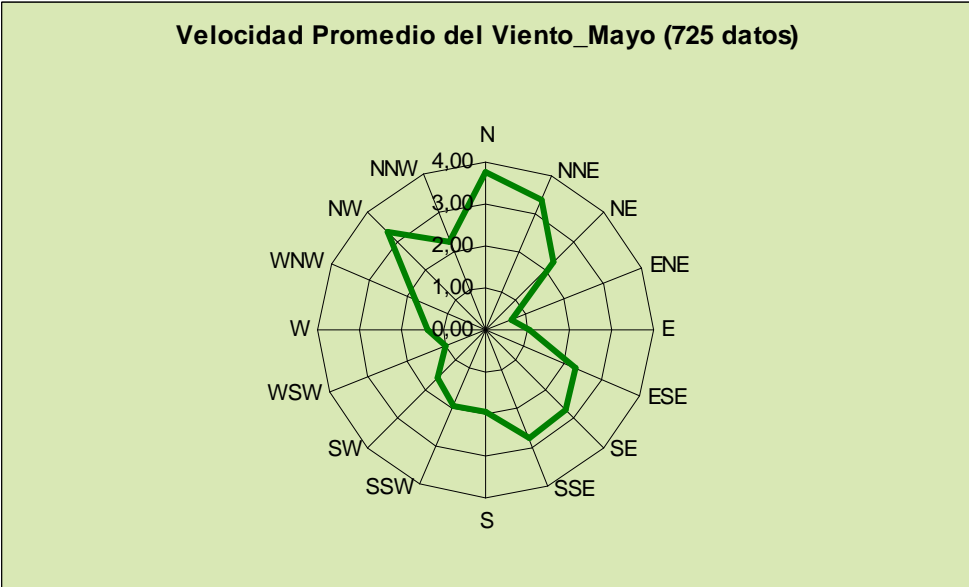


Figura 2 c
Mayo

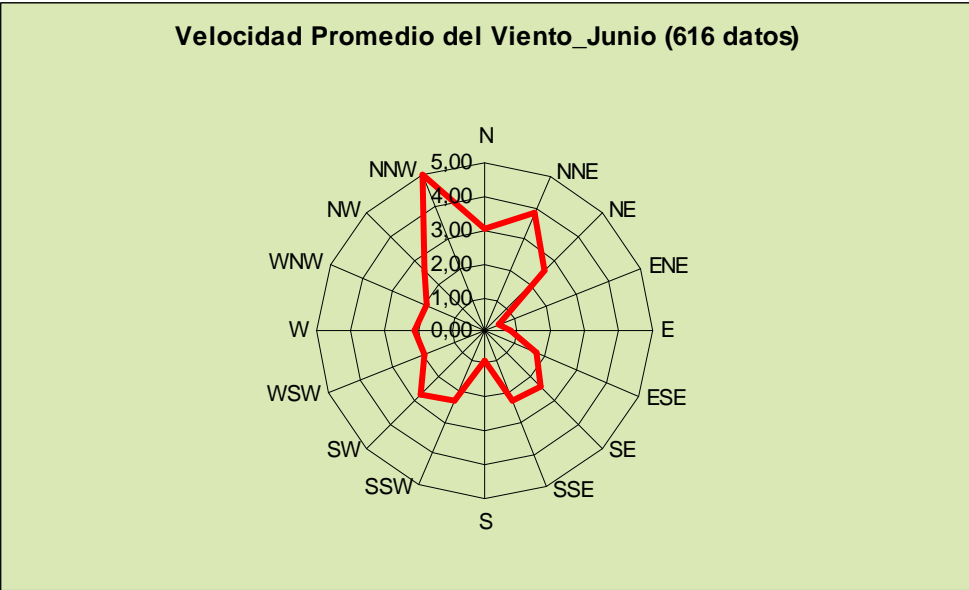


Figura 2 d
Junio

Velocidad Promedio del Viento_Marzo a Junio (2105 datos)

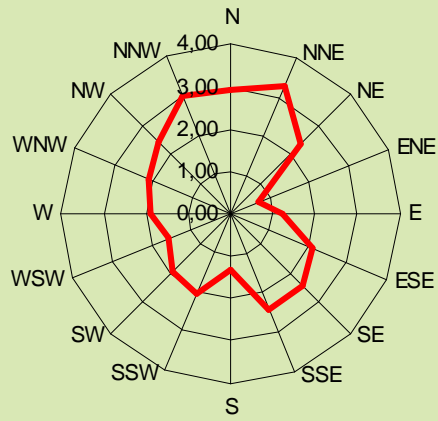


Figura 2 e
Marzo a Junio

Frecuencia relativa porcentual acumulada de diferentes intervalos de velocidad del viento

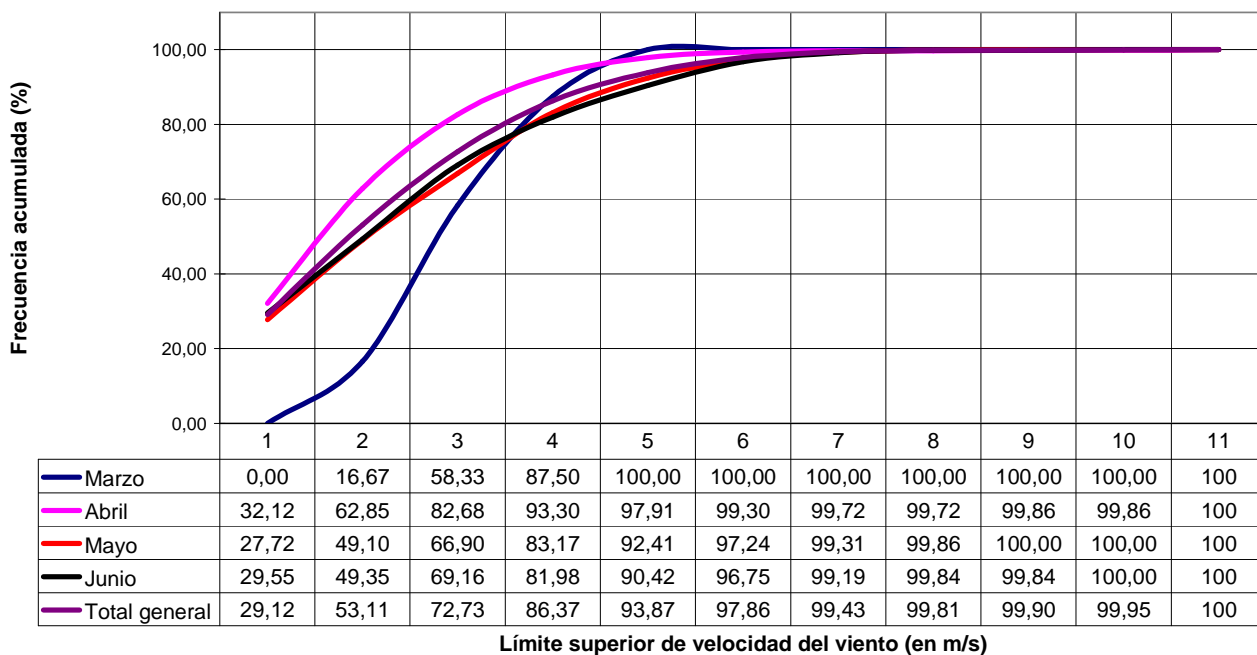


Figura 3

Valores medios horarios de Velocidad del Viento

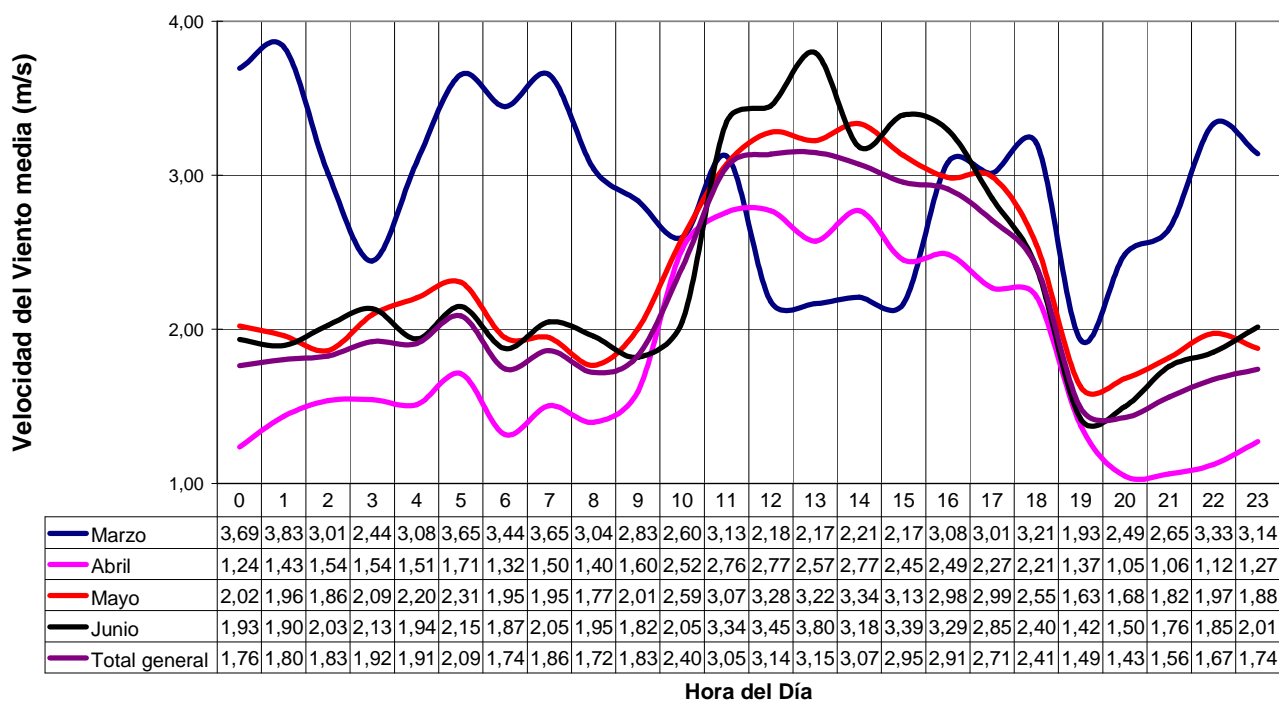


Figura 4

Fracción de la expresión de SO2 arribada_Marzo (48 datos)

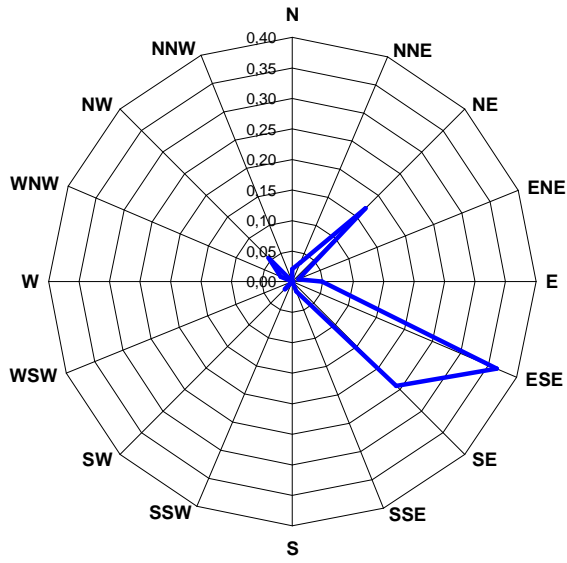


Figura 5 a
Marzo

Fracción de la expresión de SO2 arribada_Abril (716 datos)

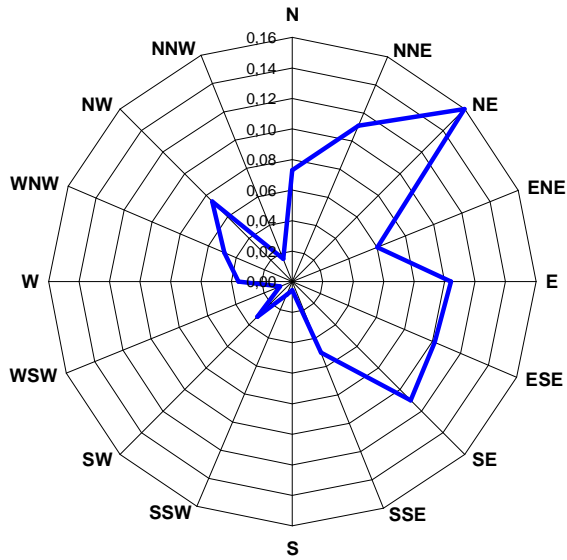


Figura 5 b
Abril

Fracción de la expresión de SO2 arribada_Mayo (725 datos)

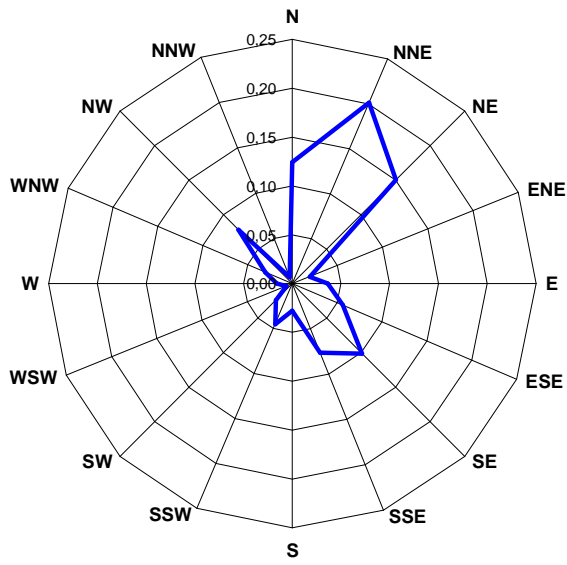


Figura 5 c
Mayo

Fracción de la expresión de SO2 arribada_Junio (616 datos)

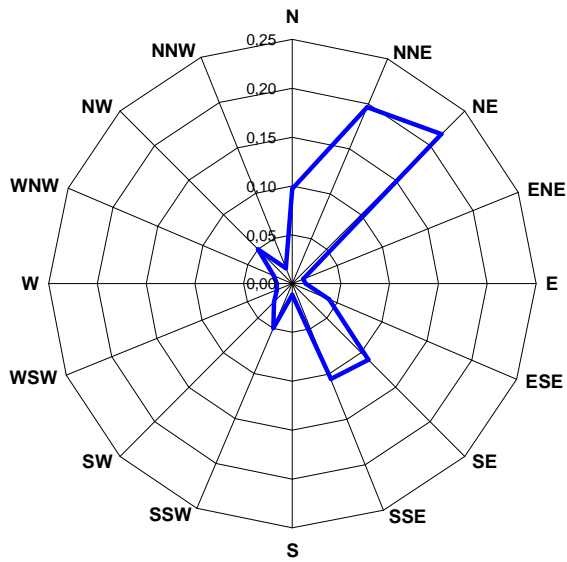


Figura 5 d
Junio

Fracción de la expresión de SO2 arribada_Marzo a Junio (2105 datos)

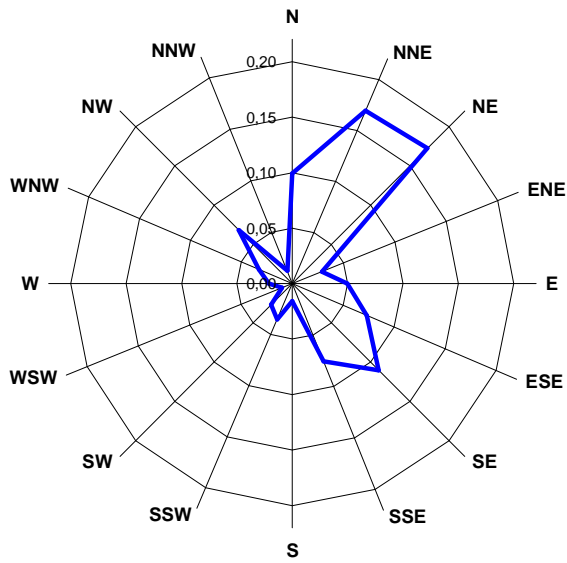


Figura 5 e
Marzo a Junio

Fracción de la expresión de H2S arribada_Marzo (48 datos)

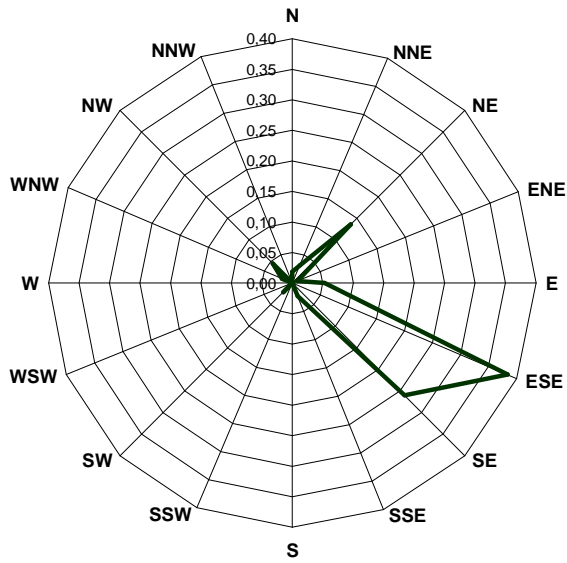


Figura 6 a
Marzo

Fracción de la expresión de H2S arribada_Abril (716 datos)

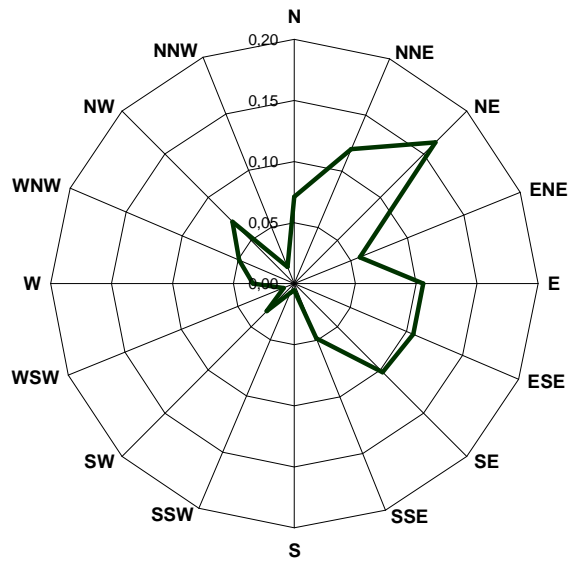


Figura 6 b
Abril

Fracción de la expresión de H2S arribada_Mayo (725 datos)

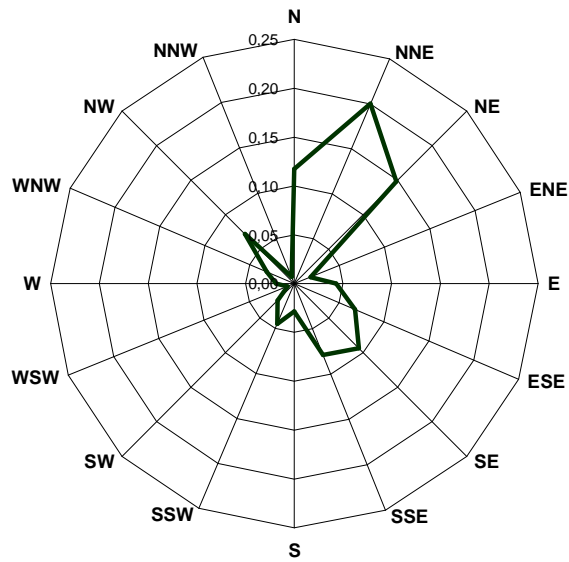


Figura 6 c
Mayo

Fracción de la expresión de H2S arribada_Junio (616 datos)

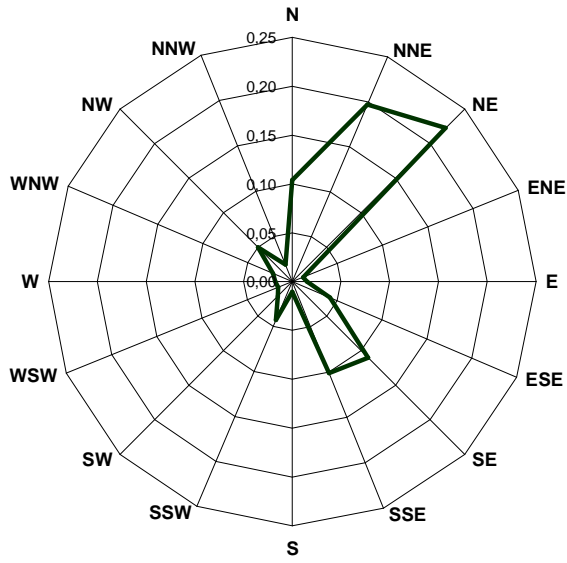


Figura 6 d
Junio

Fracción de la expresión de H2S arribada_Marzo a Junio (2105 datos)

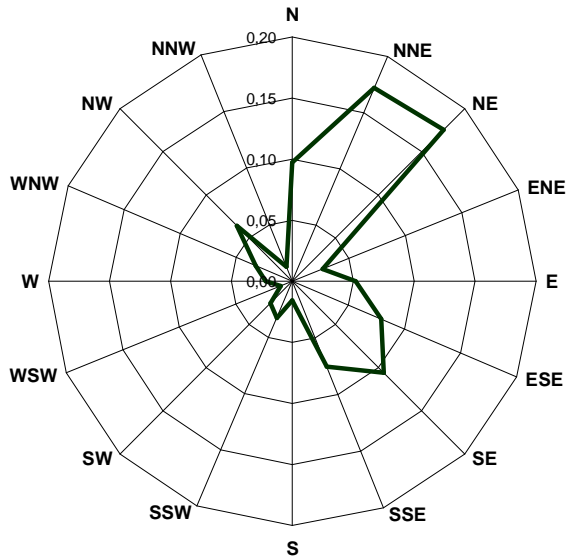


Figura 6 e
Marzo a Junio

Fracción de la expresión de CS arribada_Marzo (48 datos)

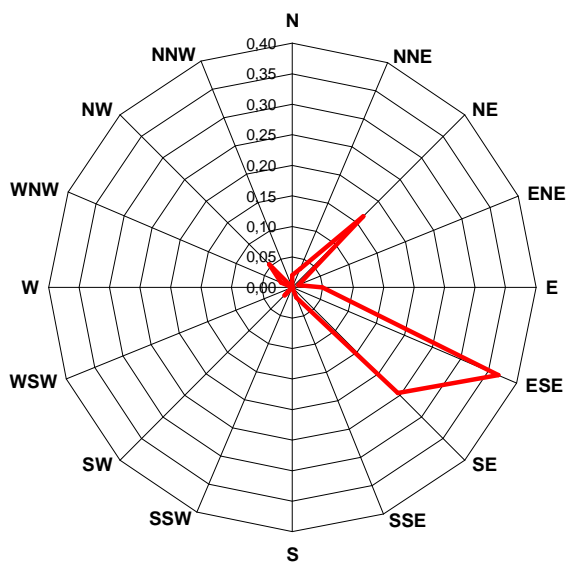


Figura 7 a
Marzo

Fracción de la expresión de CS arribada_Abril (716 datos)

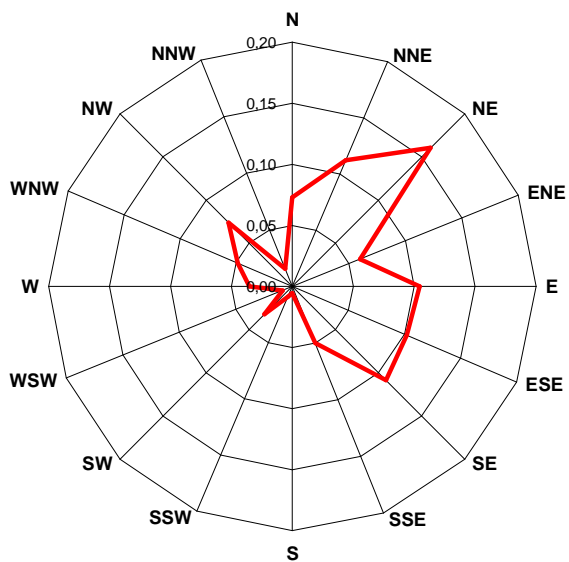


Figura 7 b
Abril

Fracción de la expresión de CS arribada_Mayo (725 datos)

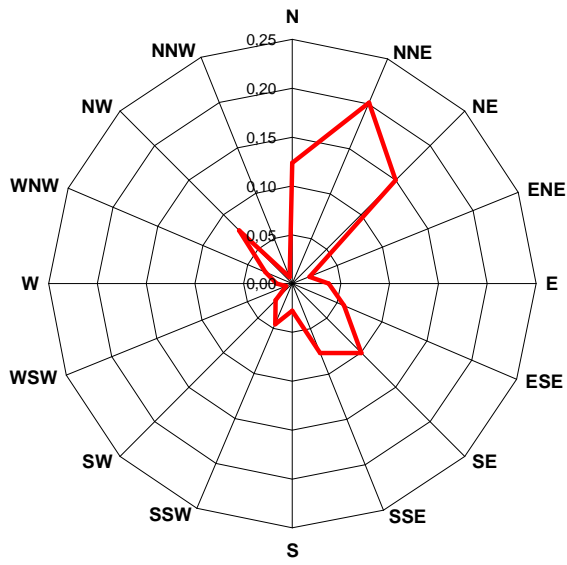


Figura 7 c
Mayo

Fracción de la expresión de CS arribada_Junio (616 datos)

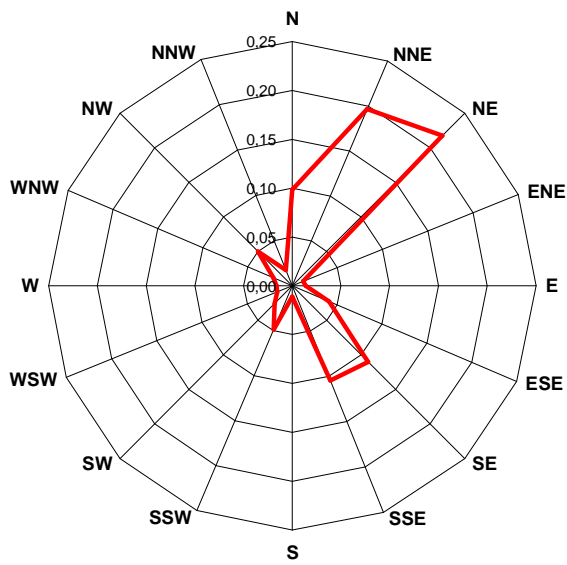


Figura 7 d
Junio

Fracción de la expresión de CS arribada_Marzo a Junio (2105 datos)

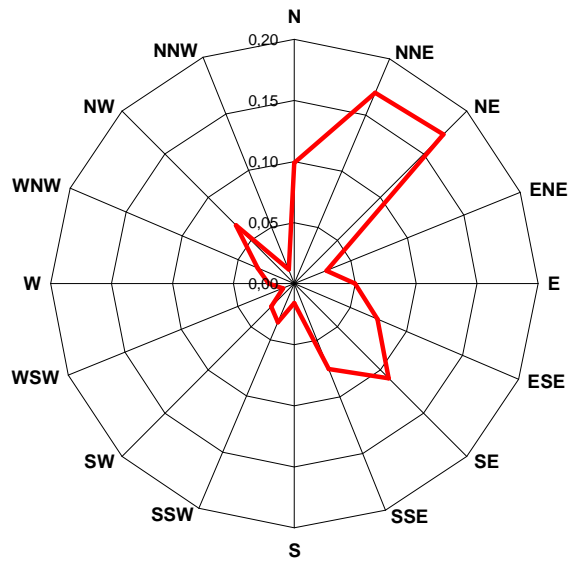


Figura 7 e
Marzo a Junio

Figuras del Capítulo II

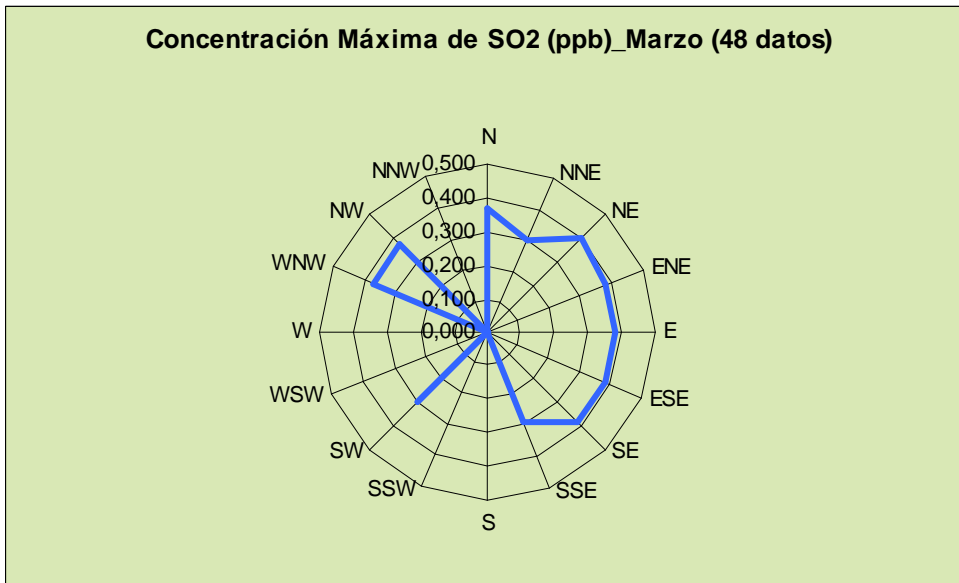


Figura 8 a
Marzo

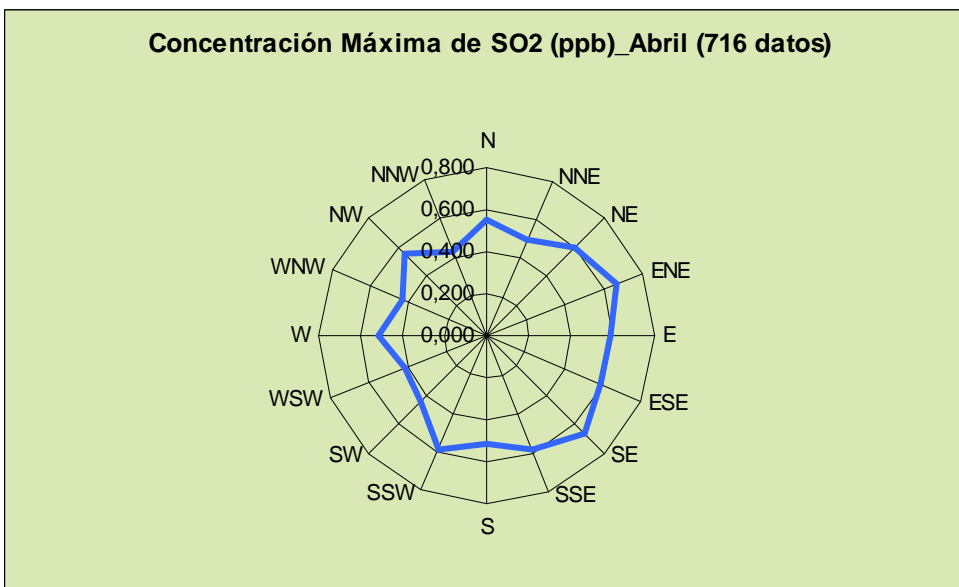


Figura 8 b
Abril

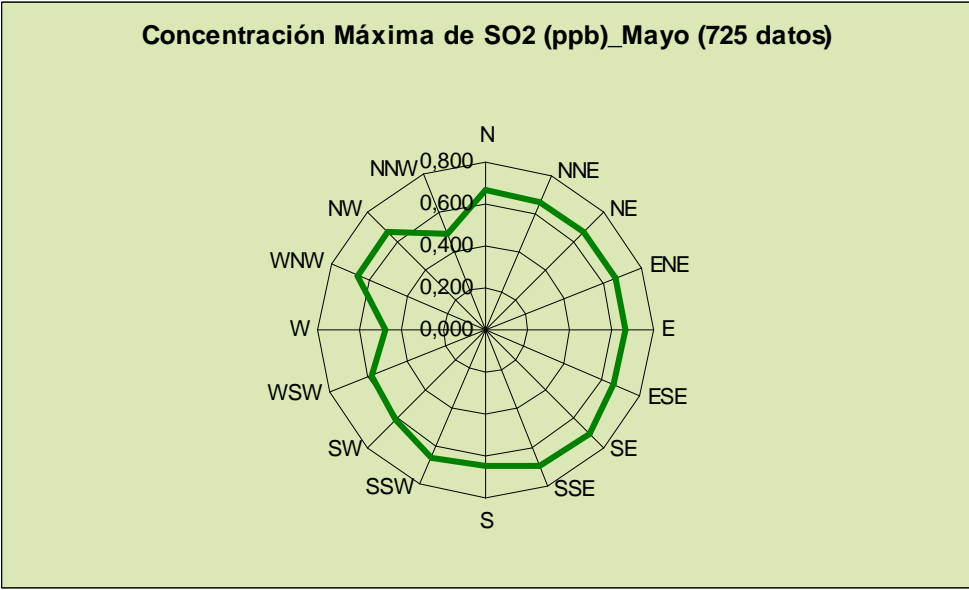


Figura 8 c
Mayo

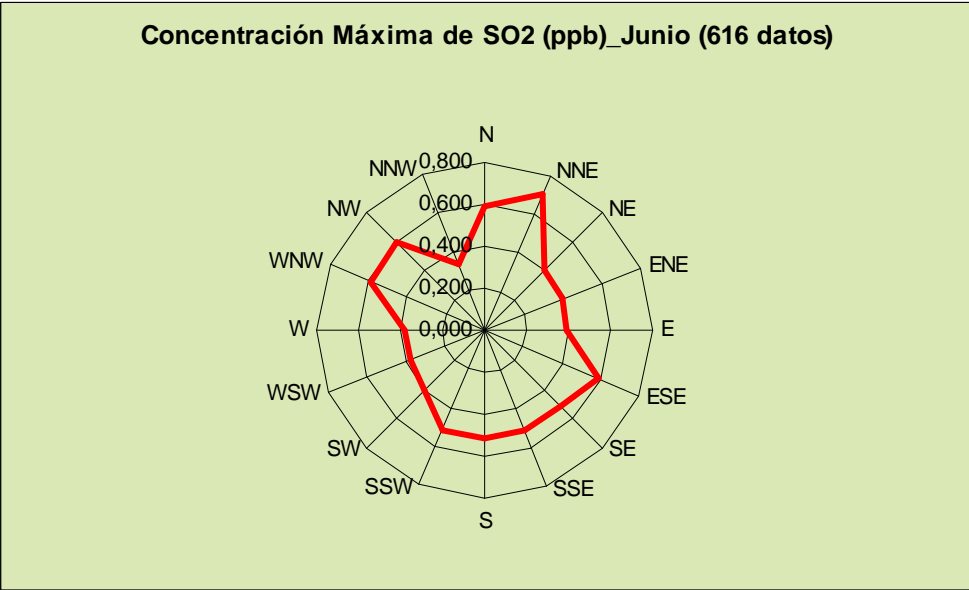


Figura 8 d
Junio

Concentración Máxima de SO₂ (ppb)_Marzo a Junio (2105 datos)

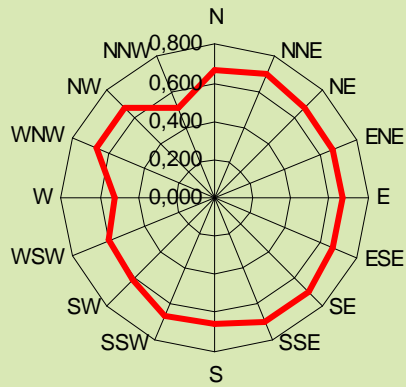


Figura 8 e
Marzo a Junio

Concentración Máxima de H₂S (ppb)_Marzo (48 datos)

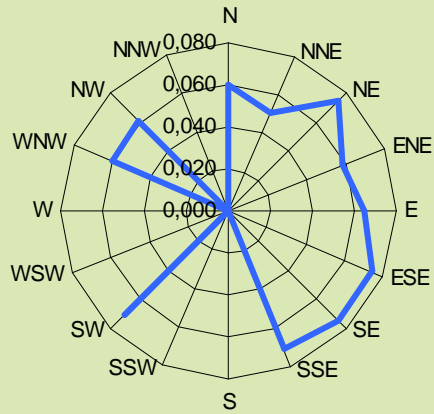


Figura 9 a
Marzo

Concentración Máxima de H2S (ppb)_Abril (716 datos)

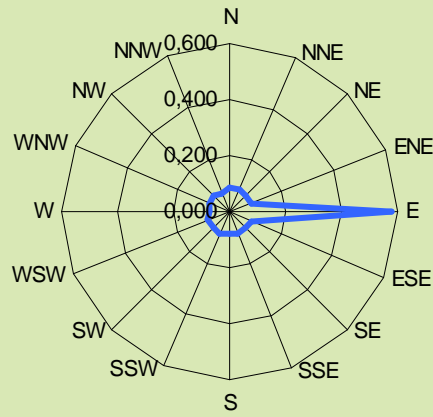


Figura 9 b
Abril

Concentración Máxima de H2S (ppb)_Mayo (725 datos)

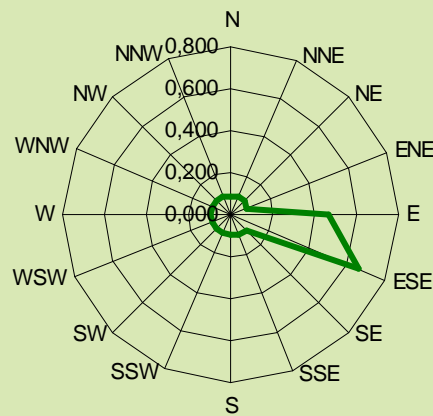


Figura 9 c
Mayo

Concentración Máxima de H2S (ppb)_Junio (616 datos)

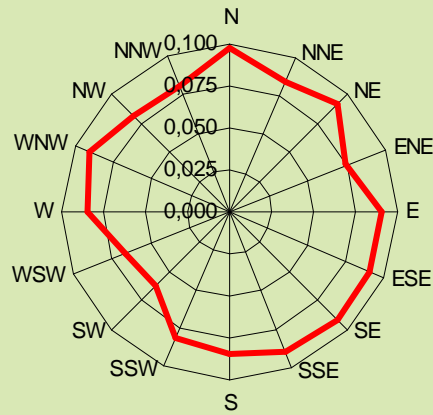


Figura 9 d
Junio

Concentración Máxima de H2S (ppb)_Marzo a Junio (2105 datos)

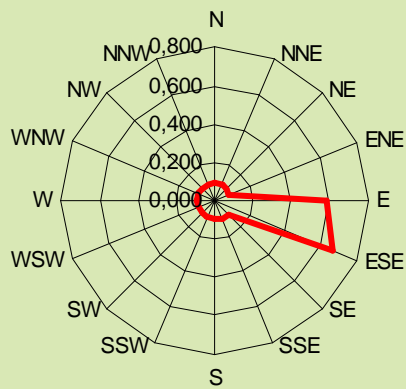


Figura 9 e
Marzo a Junio

Concentración Máxima de CS (ppb)_Marzo (48 datos)

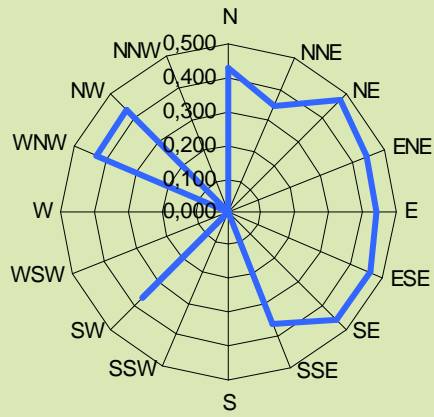


Figura 10 a
Marzo

Concentración Máxima de CS (ppb)_Abril (716 datos)

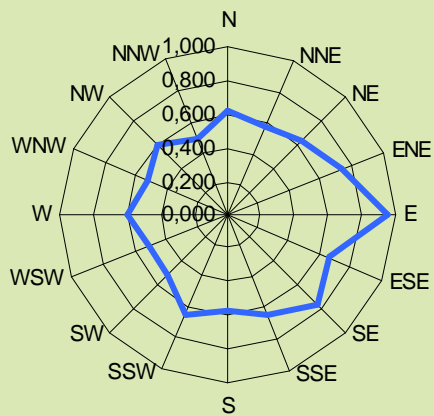


Figura 10 b
Abril

Concentración Máxima de CS (ppb)_Mayo (725 datos)

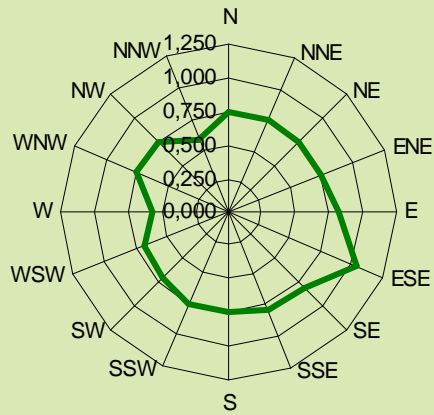


Figura 10 c
Mayo

Concentración Máxima de CS (ppb)_Junio (616 datos)

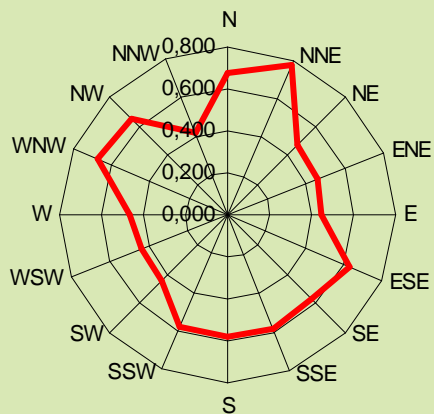


Figura 10 d
Junio

Concentración Máxima de CS (ppb)_Marzo a Junio (2105 datos)

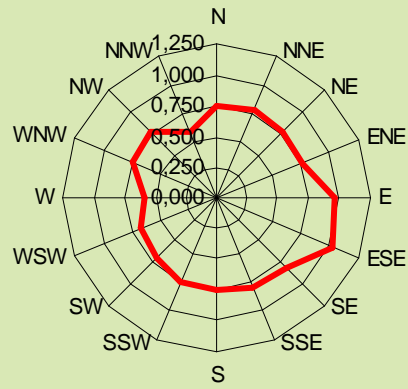


Figura 10 e
Marzo a Junio