



DIRECCIÓN DE COORDINACIÓN EJECUTIVA

SUPERINTENDENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE EMBALSE Y ÁREAS PROTEGIDAS

DIVISIÓN DE EMBALSE

CLIMATOLOGÍA

Estudio del comportamiento del viento en San Bernardino

Caracterización del viento en San Bernardino

Se presenta la caracterización del viento de la Estación Meteorológica Automática ubicada en el Club Náutico de San Bernardino, la cual se encuentra en el este del Lago Ypacarai (Fig. 1). Se tienen datos desde el 2014 hasta el 2017 con frecuencia de 1 hora. Los datos fueron proporcionados por la Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC.

Se muestra el comportamiento promedio del viento durante todo el periodo, el comportamiento anual del 2014 al 2017, el comportamiento mensual, el comportamiento estacional, el comportamiento diurno/nocturno y el comportamiento horario.

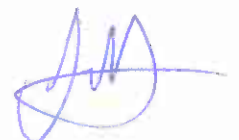


Fig. 1. Ubicación geográfica de la estación meteorológica automática

1) Comportamiento promedio del viento

En todo el periodo analizado, se observa que se tiene un viento predominante del sector Este Nor Este (Fig. 2), el cual representa aproximadamente el 13% del total de todos los casos y La velocidad promedio es de $2,66 \text{ m s}^{-1}$. El viento Este es la segunda componente con mayor cantidad de veces en todo el periodo, representando aproximadamente el 11%. Luego se tienen componentes de todos los sectores.

Se observa la predominancia de vientos del sector ENE (cuadrante NE), debido a la fuerte influencia de padrones de circulación de escala sinoptica, ya que geográficamente Paraguay se encuentra en el borde occidental de la Alta Subtropical del Atlántico Sur, y este sistema de presión es en gran medida responsable del transporte de aire cálido y húmedo desde latitudes mas bajas. Este padron de circulación suele ser perturbado por vientos del sur debido a la incursión de frentes fríos procedentes de latitudes más altas.



2) Comportamiento anual del 2014 al 2017

Existe un comportamiento similar entre todos los años analizados, con una componente predominante del sector ENE y NE en todos los años (Fig. 3). Como también observado en el comportamiento promedio (Fig. 2), se observan vientos de todas las direcciones.

El 2016 presenta una diferencia con los demás años, ya que se observa un aumento en la frecuencia de vientos del sector SE y S, debido a que en ese año se registró la incursión de varios frentes fríos consecutivos durante el invierno, y por consecuencia las temperaturas estuvieron por debajo de la media climatológica.

3) Comportamiento mensual

Se muestra detalladamente el comportamiento mensual del viento durante los doce meses del año (Fig. 4). Los meses de enero y febrero presentan un comportamiento similar, en el cual se tienen los vientos predominantes del sector E y ENE, con baja frecuencia de vientos del sector S. Para el mes de marzo se observa un marcado predominante de vientos del sector E y aumento de vientos del cuadrante SE, mostrando que durante este mes ya se dan la entradas de frentes fríos. Abril presenta un comportamiento similar a marzo, a diferencia que el viento E ya no es tan predominante, y presenta casi la misma frecuencia de ocurrencia que el viento ENE.

Durante el mes de mayo se observa un comportamiento más homogéneo en la frecuencia de los vientos en los cuadrantes NE y SE, con predominancia de vientos del sector ENE y E en el cuadrante NE, y SE y S en el cuadrante SE. El mes de junio presenta un predominante en la dirección ENE con 15% de los casos, S y SE con 10% cada uno, aproximadamente. Durante julio se observa una marcada predominancia del sector ENE con casi 20% del total, un retorno de vientos del sector NE con 12% del total, y disminución de vientos del cuadrante SE. Agosto presenta predominancia de vientos del cuadrante NE.

En setiembre se observa una predominancia de vientos del sector S con casi el 15% del total, también importantes predominantes del sector SSE y SE. Octubre y noviembre presentan un comportamiento similar, con una distribución homogénea de vientos del cuadrante NE y SE. Durante el mes de diciembre se nota una marcada presencia de vientos del sector NE, indicando ya la temporada de verano.

4) Comportamiento estacional

Se muestra el comportamiento estacional del viento en San Bernardino, para las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano (Fig.5). Para el otoño se tiene una predominancia de vientos del sector E con un 14% del total, y vientos del sector ENE con 13% del total, vientos del sector ESE y SE con 10% del total cada uno. En el invierno se observa una marcada predominancia de vientos del sector ESE con 16% de los casos, también se observa vientos del sector NE y E con 10% de los casos, aproximadamente. Vientos del sector S, SSE y SE se observa con 8% del total cada uno, aproximadamente.



Durante la primavera se observa un marcado comportamiento del sector S, SSE y SE con 11% de los casos cada uno, aproximadamente. En menor frecuencia se encuentran vientos del sector E y ENE. Esta predominancia de vientos del sector S, hace suponer que durante estos meses se tuvieron entradas de frentes frías, que mantuvieron todavía vientos del sector S. En el verano se tienen vientos predominantes del sector E, ENE y NE con 11%, 12% y 9% de los casos, respectivamente. En menor medida se tienen vientos del SE y ESE con 8% de los casos cada uno. Es de esperarse que en los meses de verano se tenga una mayor frecuencia de vientos del sector NE, debido a la configuración sinóptica a gran escala que se tiene en América del Sur.

5) Comportamiento diurno y nocturno

Se compara el comportamiento del viento durante horario diurno y horario nocturno (Fig. 6), para el horario diurno se consideró el horario de 7:00 a 17:00 y para el horario nocturno se consideró el horario de 17:00 a 7:00.

Durante el periodo diurno se observa una predominancia de vientos del sector ENE con 12% de los casos, vientos del sector S y SSE con 9% de los casos cada uno, y en menor medida vientos del sector SE con 8% de los casos. Durante el periodo nocturno se observa un marcado predominante de vientos del sector ENE y E con 15% de los casos cada uno, aproximadamente. También se observa en menor medida vientos del sector NE, ESE y SE con 10% de los casos cada uno.

Considerando la ubicación geográfica de la estación meteorológica, que se encuentra en el este del Lago Ypacarai, se espera que en esta región se produzca el fenómeno de Brisa Lacustre, el cual produce una circulación de vientos del sector E durante la noche, y vientos del sector O durante el día, para dicha ubicación. Como es visto, durante la noche se observa un marcado predominante de vientos del sector ENE y E, que esta relacionado a la suma vectorial de vientos del sector E por la brisa Lacustre y vientos del sector NE, que son los vientos predominantes por la circulación a escala sinoptica. Sin embargo, durante el día se observa que existe un predominante de vientos del sector SE, que se podría suponer que es debido a la suma vectorial de vientos del sector O por la brisa Lacustre y vientos del sector NE que son los vientos predominantes a escala sinoptica, dando por resultado vientos del sector SE.

6) Comportamiento horario

Para un mejor entendimiento de la variación del viento durante todo día, se presenta el comportamiento horario de 00 a 23 hs (Fig. 7). Durante las primeras horas de la madrugada hasta la salida del sol (de 00 a 06) se observa que existen vientos predominantes del sector ENE y E, mostrando la fuerte circulación de vientos de la brisa de tierra a lago.

Entre las 07 y las 08 existe una disminución en la frecuencia de estos vientos y aumentan los vientos del sector SE, mostrando un cambio en la dirección del viento. Entre las 09 y las 12 se observa que se establece un patrón de vientos predominantes del sector S, que se intensifica para las horas de la siesta, entre las 13 y las 16, mostrando la clara influencia de la circulación de vientos que van desde el Lago hacia tierra. Entre las 17 y las 18 se desintensifican los vientos del sector S, y empieza a haber una rotación de vientos desde el NE, el cual indica que la brisa de lago a tierra va disminuyendo, dando



lugar nuevamente a la brisa de tierra a lago, que se establece notablemente en el horario nocturno, desde las 20 hasta las 00.

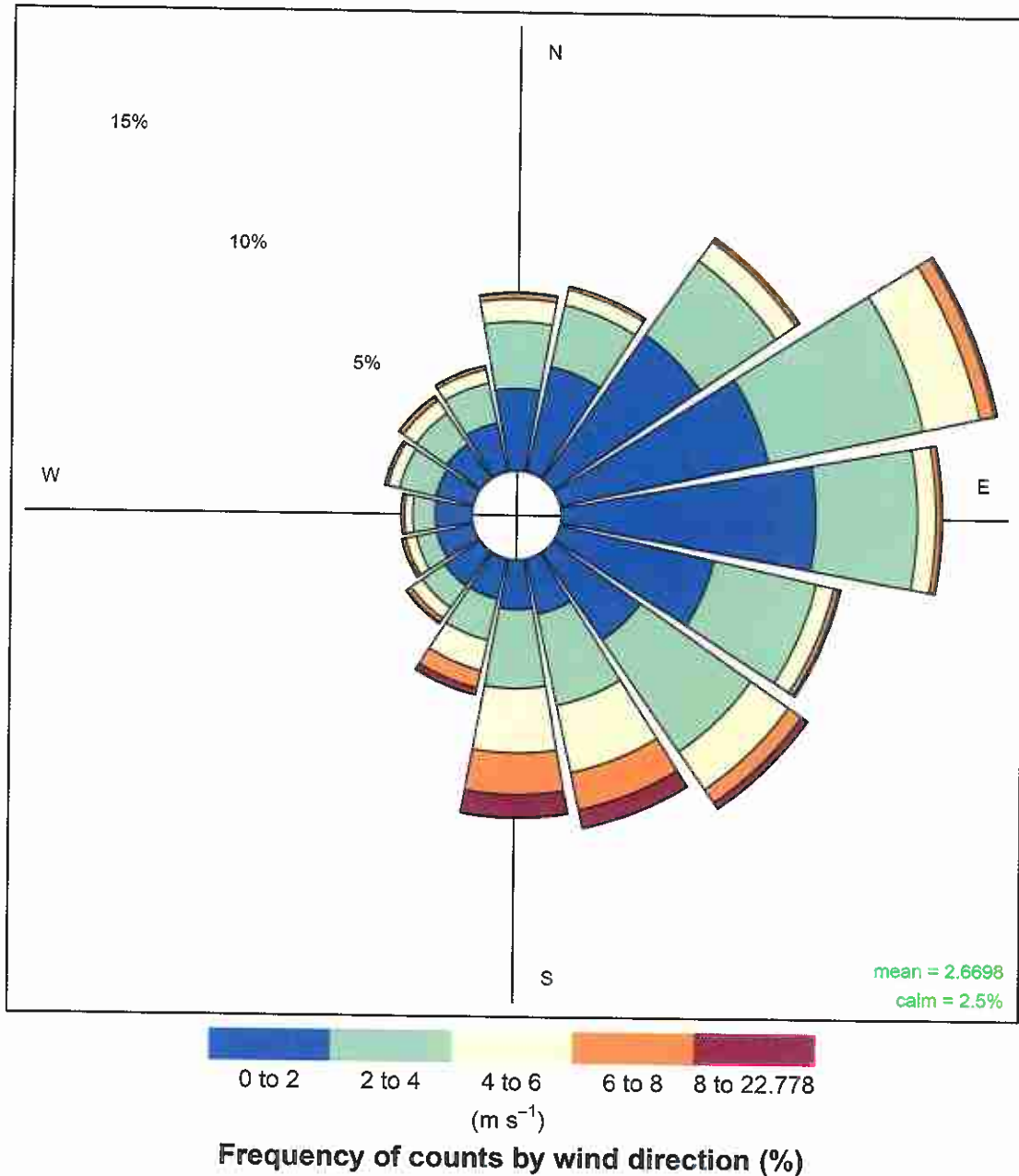
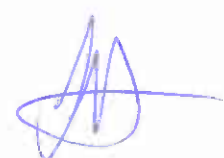
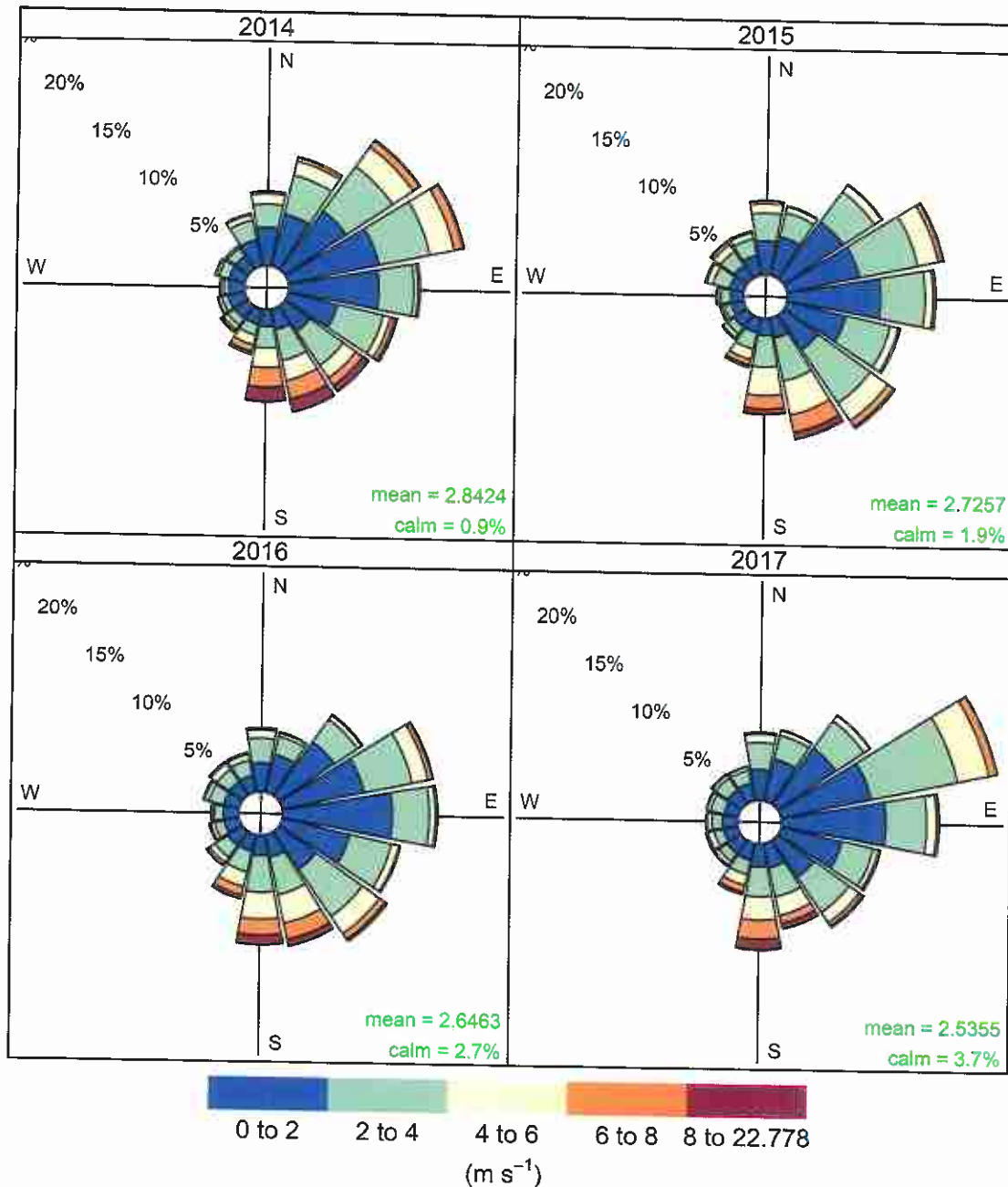


Fig. 2. Rosa de viento del viento promedio del periodo completo (2014-2017). La paleta de colores indica la velocidad del viento





Frequency of counts by wind direction (%)

Fig. 3. Rosa de viento anual. La paleta de colores indica la velocidad del viento

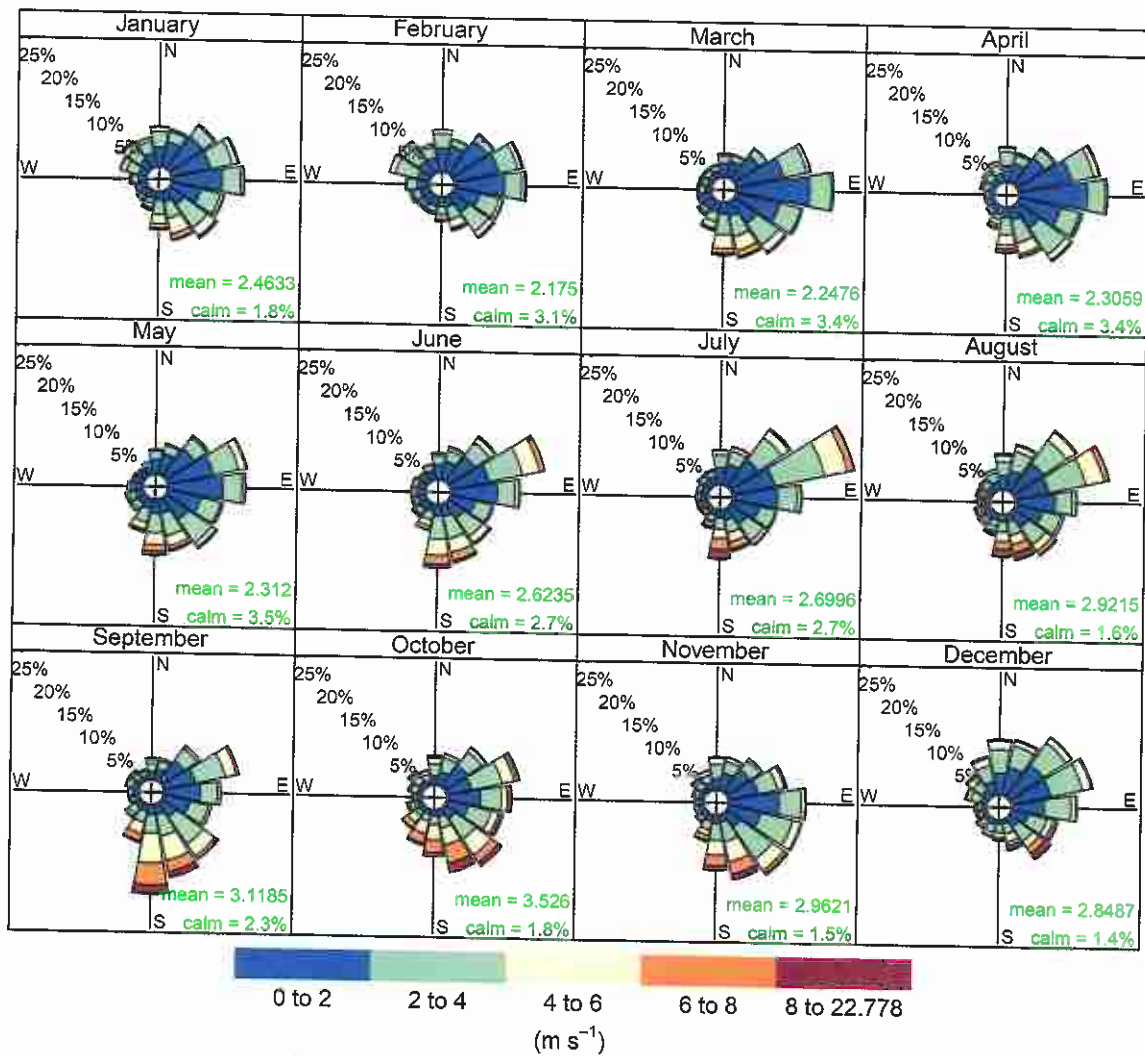
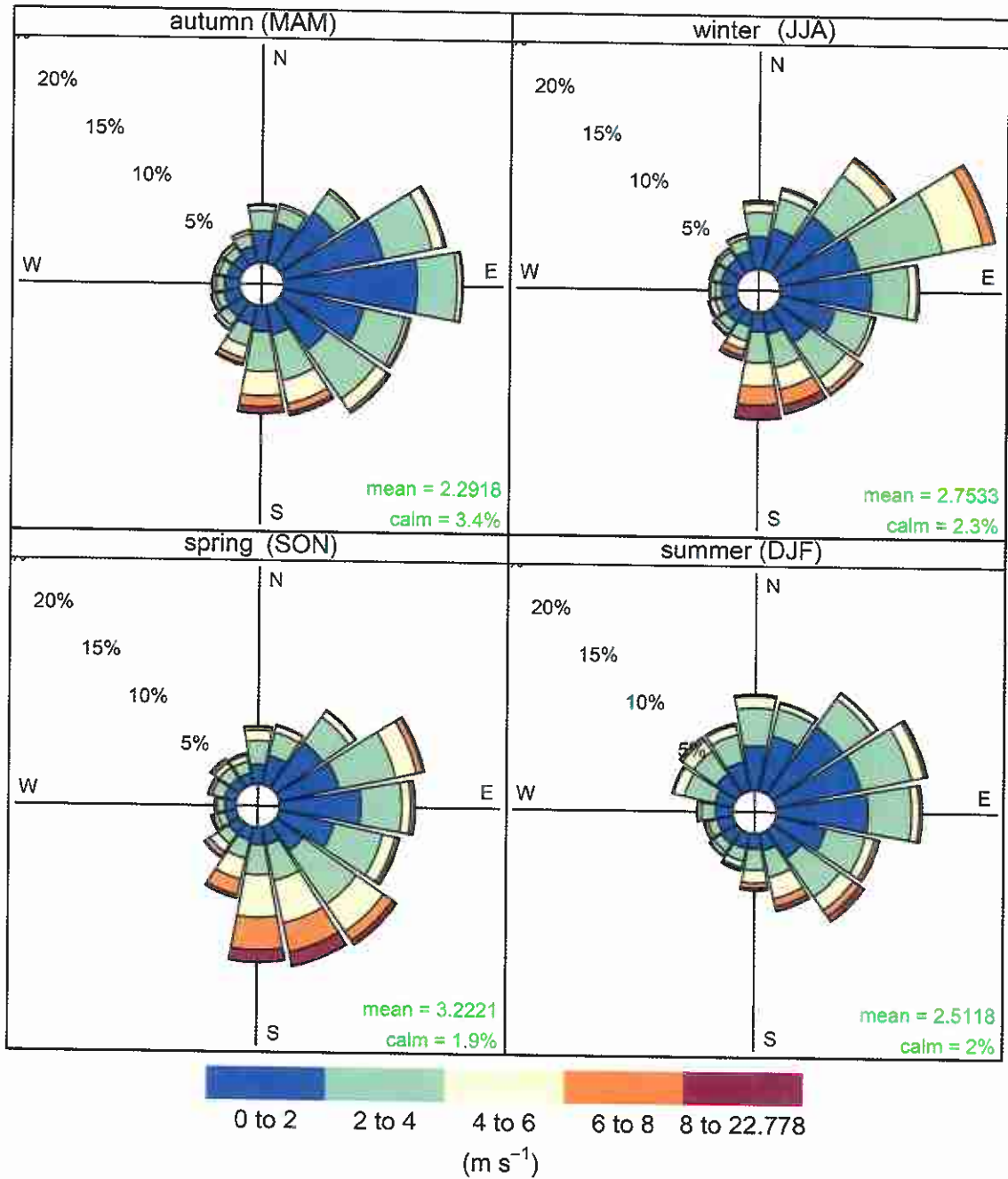


Fig. 4. Rosa de viento mensual. La paleta de colores indica la velocidad del viento



Frequency of counts by wind direction (%)

Fig. 5. Rosa de viento estacional. La paleta de colores indica la velocidad del viento

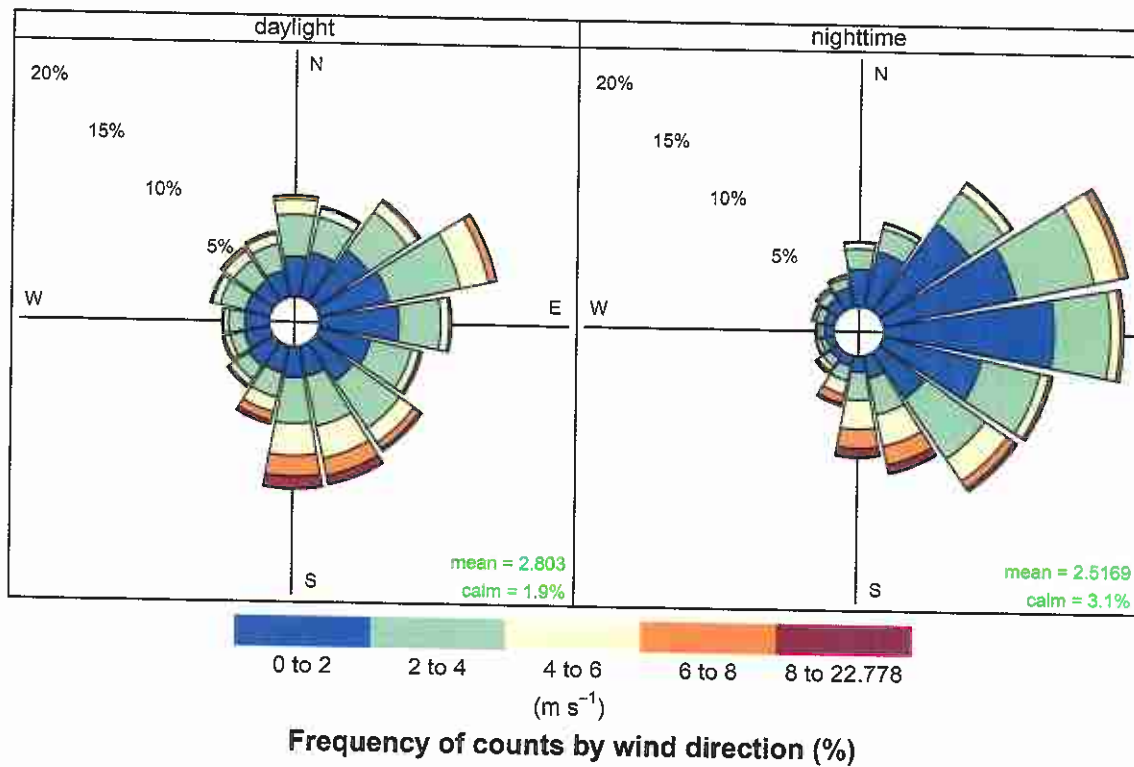
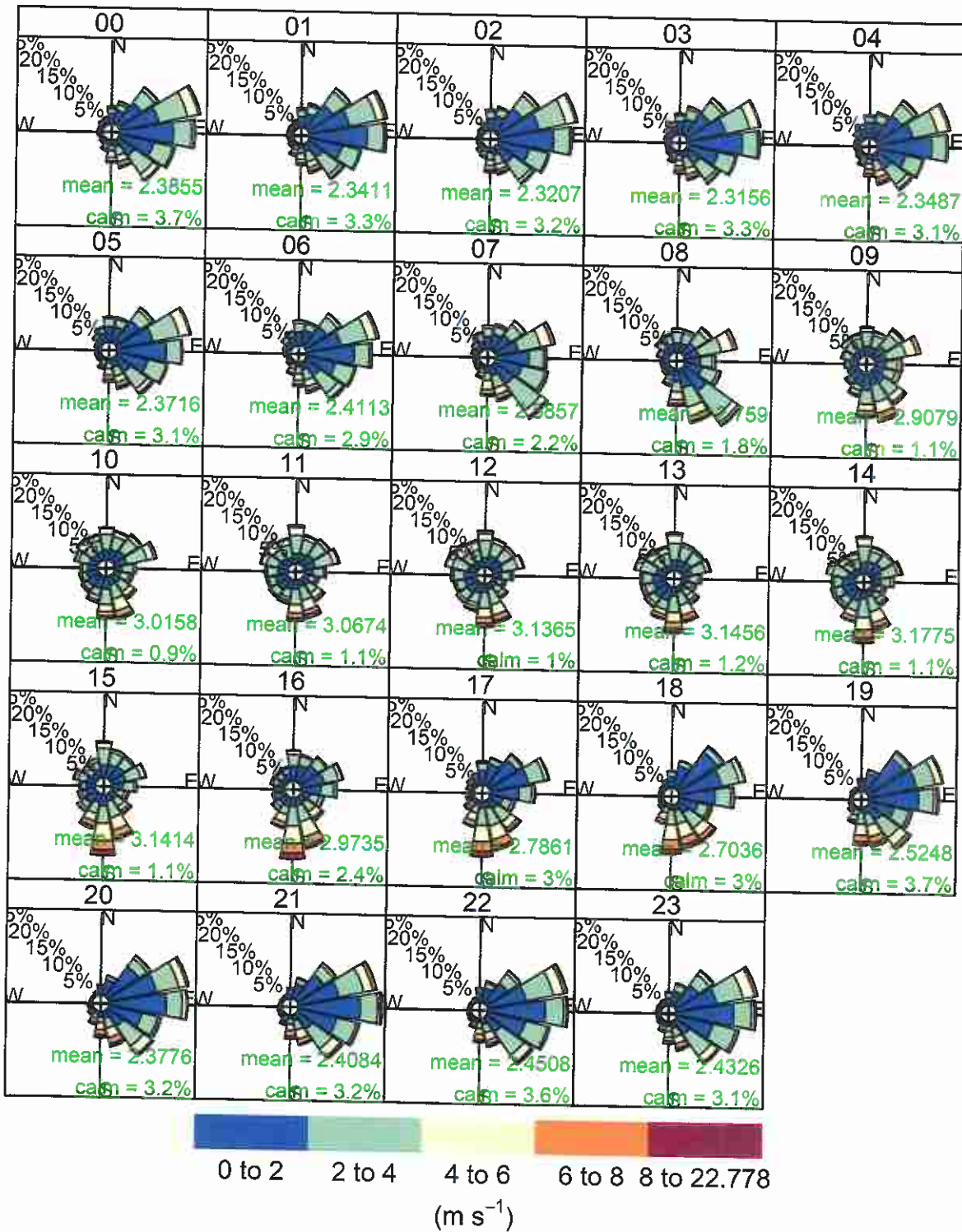


Fig. 6. Rosa de viento diurna y nocturna. La paleta de colores indica la velocidad del viento



Frequency of counts by wind direction (%)

Fig. 7. Rosa de viento horaria. La paleta de colores indica la velocidad del viento

Conclusiones

Con esta investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Existe una predominante de vientos del sector ENE y E como los principales, SE y NE como secundarios, en todo el periodo analizado. La velocidad promedio del viento es de 9,5 km/h. Se registraron 2,5% de los casos de vientos en calma.
- Durante el 2014 se observó una predominante de vientos del sector ENE y NE, con una velocidad promedio de 10,2 km/h. En el 2015 existe una predominante de vientos del sector ENE, E y SE con una velocidad promedio de 9,7 km/h. Durante el 2016 se registró una predominante de vientos del sector E, ENE y SE con una velocidad promedio de 9,5 km/h. En el 2017 se observa un marcado predominante de vientos del sector ENE, E y S con una velocidad promedio de 9,1 km/h.
- Durante los meses de enero y febrero se observa una distribución homogénea de vientos, con predominantes de vientos del cuadrante NE y SE. En marzo se observa un fuerte predominante de vientos del E. Abril y mayo presentan un comportamiento similar con vientos predominantes del E, ENE y SE. Junio presenta un aumento de vientos del sector S, y también del sector ENE. Julio y agosto presentan un marcado predominante de vientos del sector ENE y NE. En setiembre vientos del sector S y SE presentan con mayor frecuencia. Octubre y noviembre presentan predominante de vientos del cuadrante SE. En diciembre se observa un retorno de vientos del cuadrante NE.
- Durante el otoño se observa un predominante de vientos del sector E y ENE como principales, y SE y ESE como secundarios. En el invierno, se observa un fuerte predominante de vientos del sector ENE. En la primavera, se registra un fuerte predominante de vientos del sector S, SSE y SE. Durante el verano, se observa un predominante de vientos del sector E, ENE y NE.
- Se expone que con los datos observados, existe el fenómeno de brisa lacustre. Durante las horas del día se observa un predominante de vientos del sector ENE, y vientos del sector S y SE, los cuales son resultantes de la suma vectorial de vientos del ENE y vientos del O, el cual es debido a la brisa que va del lago a la tierra. Durante las horas de la noche, se observa un fuerte predominante de vientos del sector E y ENE, los cuales son resultantes de la suma vectorial de vientos del ENE y vientos del E, el cual es debido a la brisa que va de la tierra al lago.

Elaborado por Sergio Mendez

MARR.CE – ITAIPU BINACIONAL

sergiodm@itaipu.gov.py

0985 857062

