

# MAPAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS EN AVIACIÓN POR PRESENCIA DE CENIZA VOLCÁNICA



*JOSÉ CARLOS JIMÉNEZ ESCALONA  
EDUARDO ÁVILA RAZO  
ROSSANA BONASIA*

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

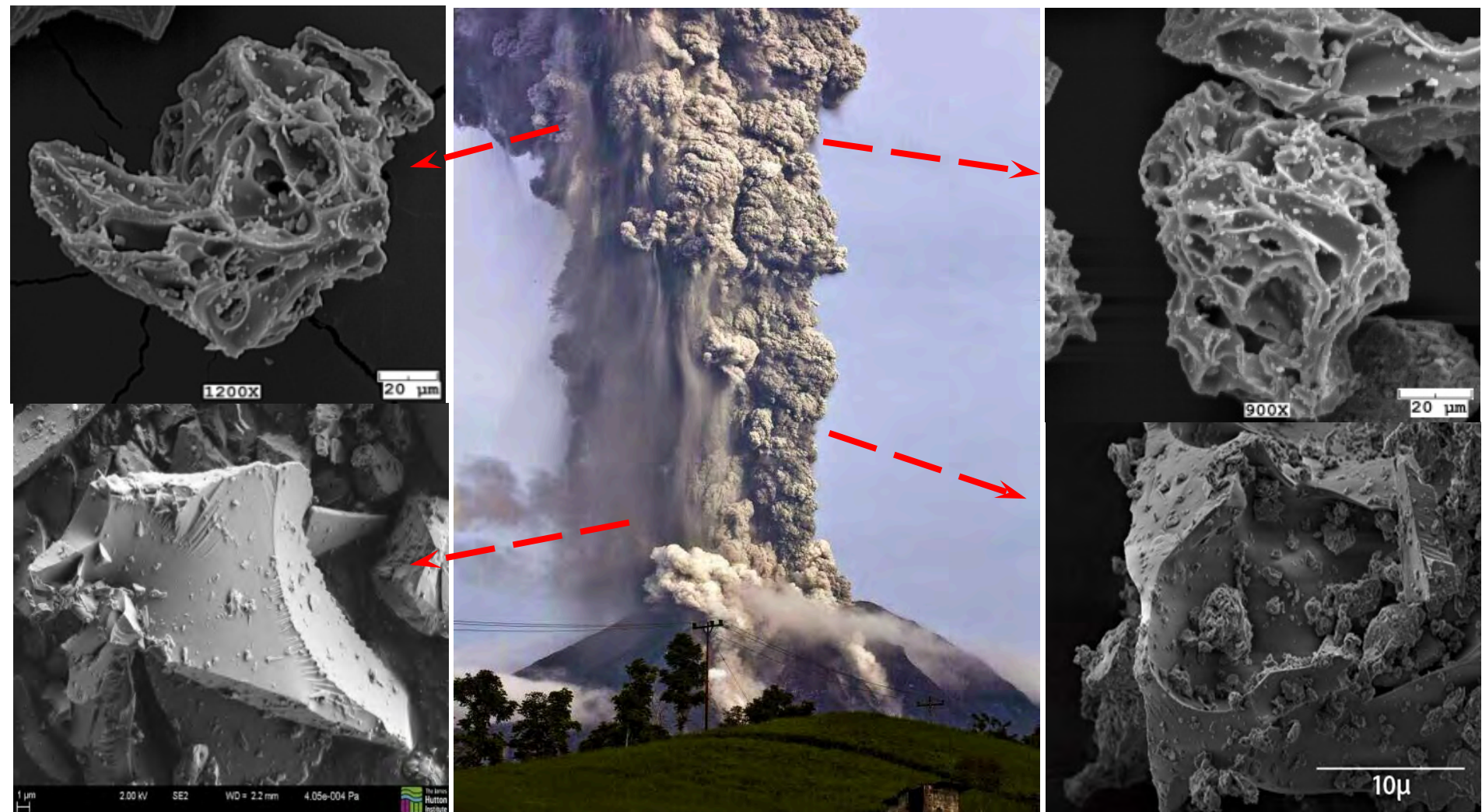
# CONTENIDO

1. Efectos de la ceniza en la aviación.
2. Características del vulcanismo.
3. Proyecto de mapas de mitigación de riesgos.
  - A) Estudio de vientos.
  - B) Estudio de nubes de ceniza volcánica.
4. Herramientas de validación.
  - A) Percepción remota satelital.
  - B) Modelado matemático.
5. Mapas de mitigación de riesgos

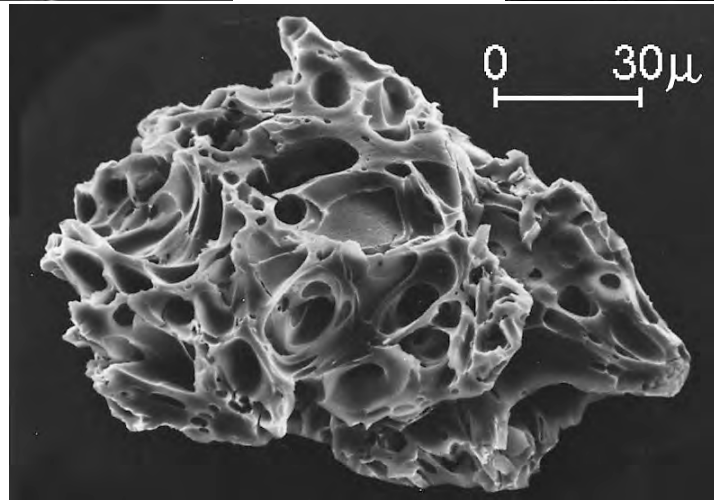
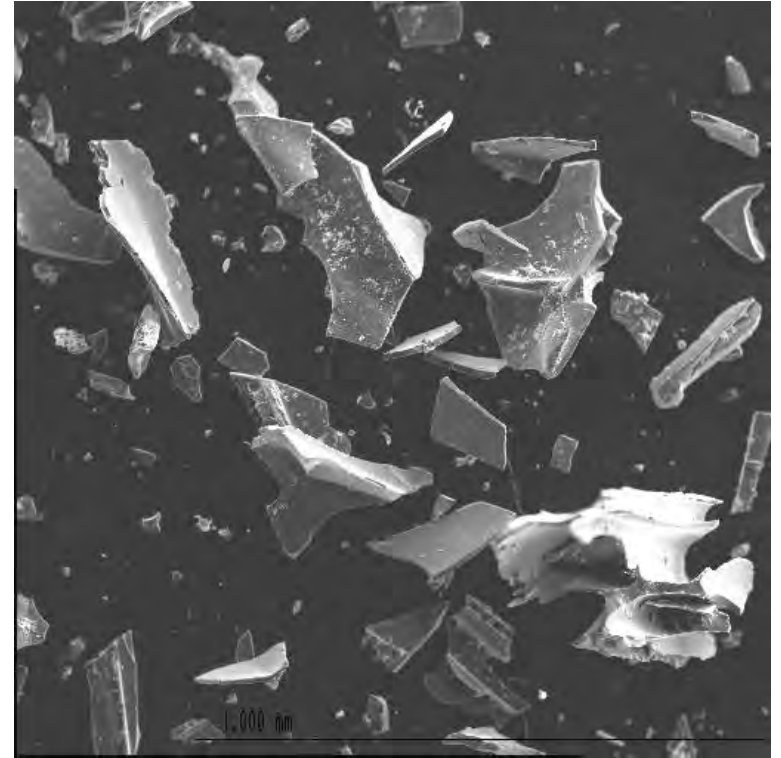
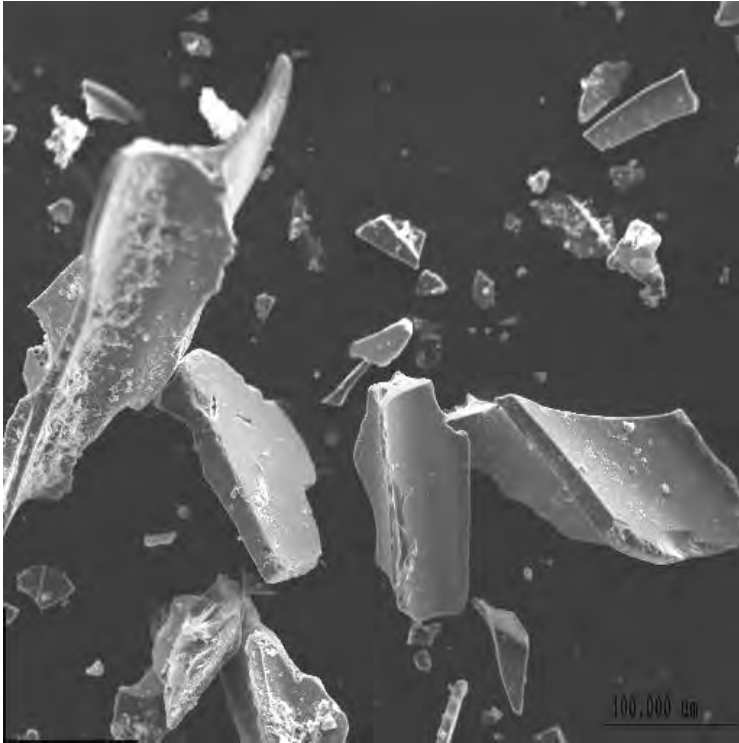
# Efectos de la ceniza volcánica en la Aviación



# Características de la ceniza volcánica



# Características de la ceniza volcánica



# Efectos de la ceniza volcánica en la aviación

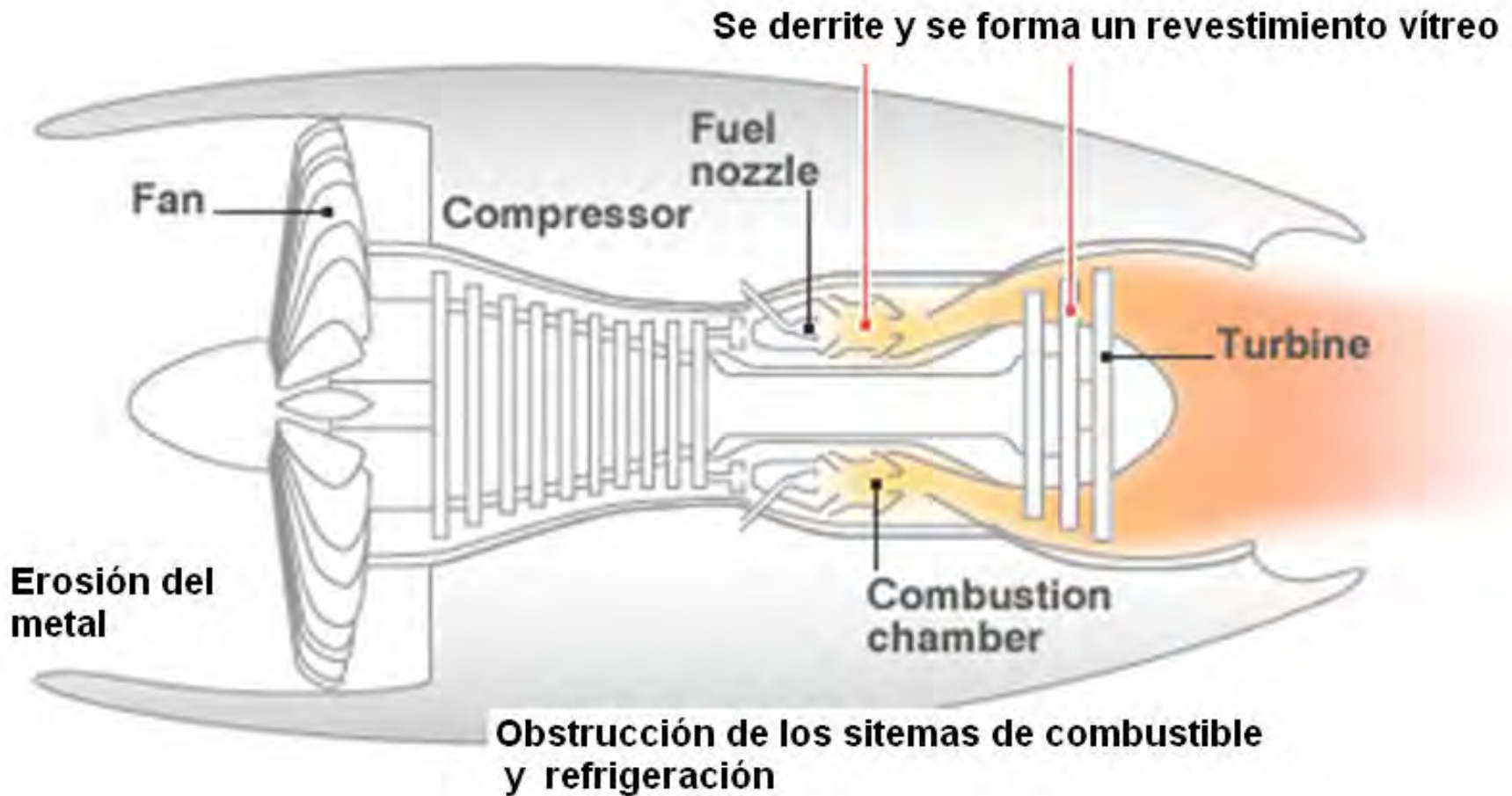
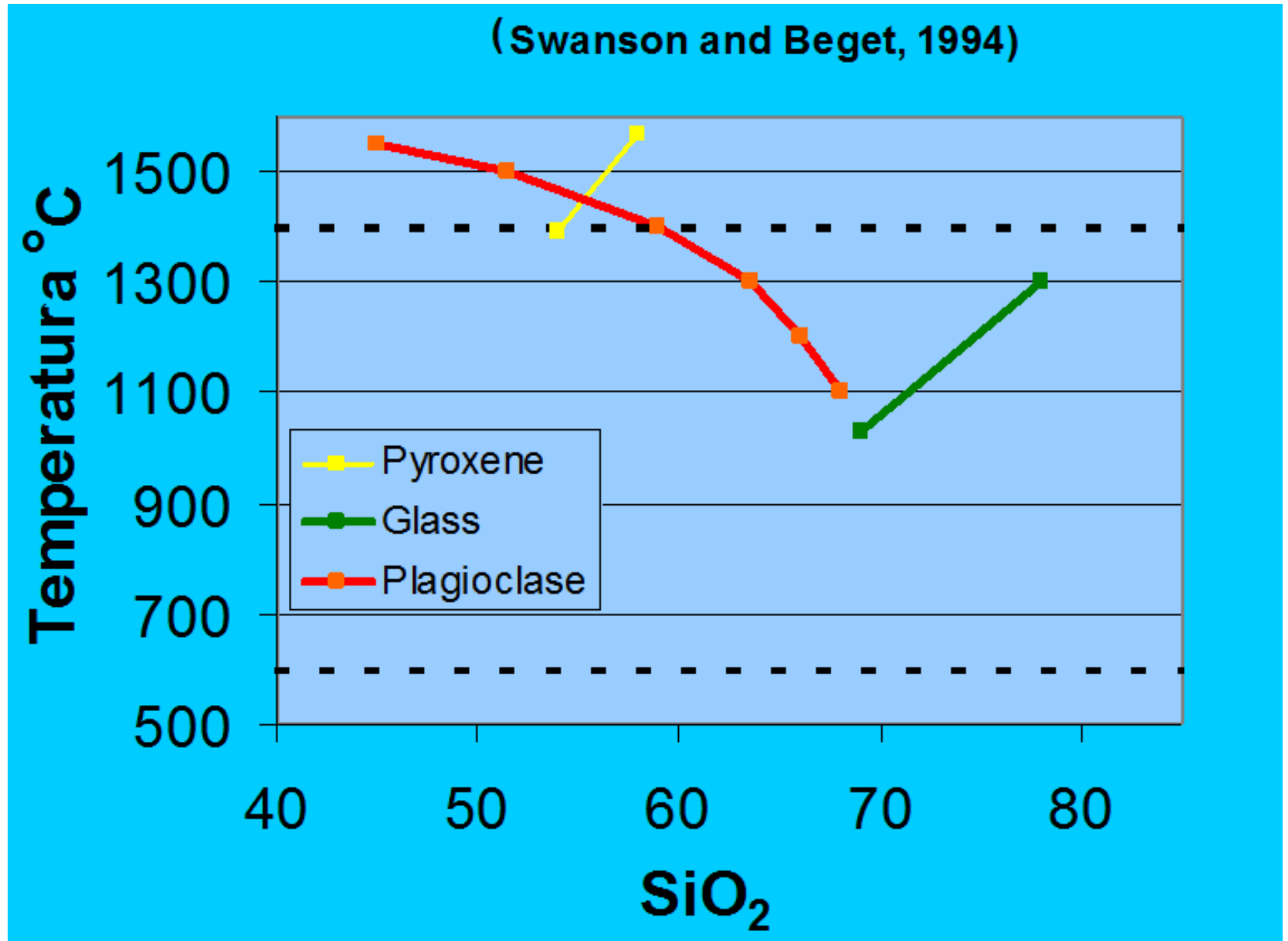


Imagen modificada de BBC News, 2010.

# Punto de fusión de la ceniza volcánica

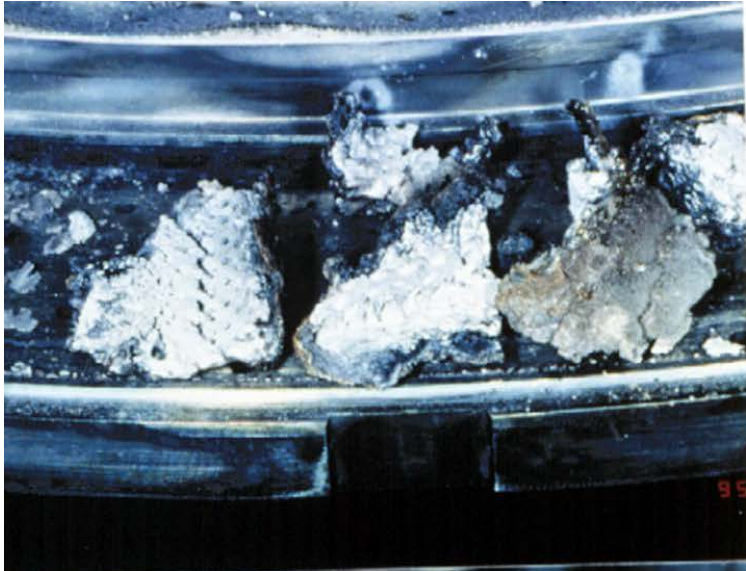


# Alabe de turbina





# Deposición de vidrio volcánico en los alabes de la turbina



C209 899-33



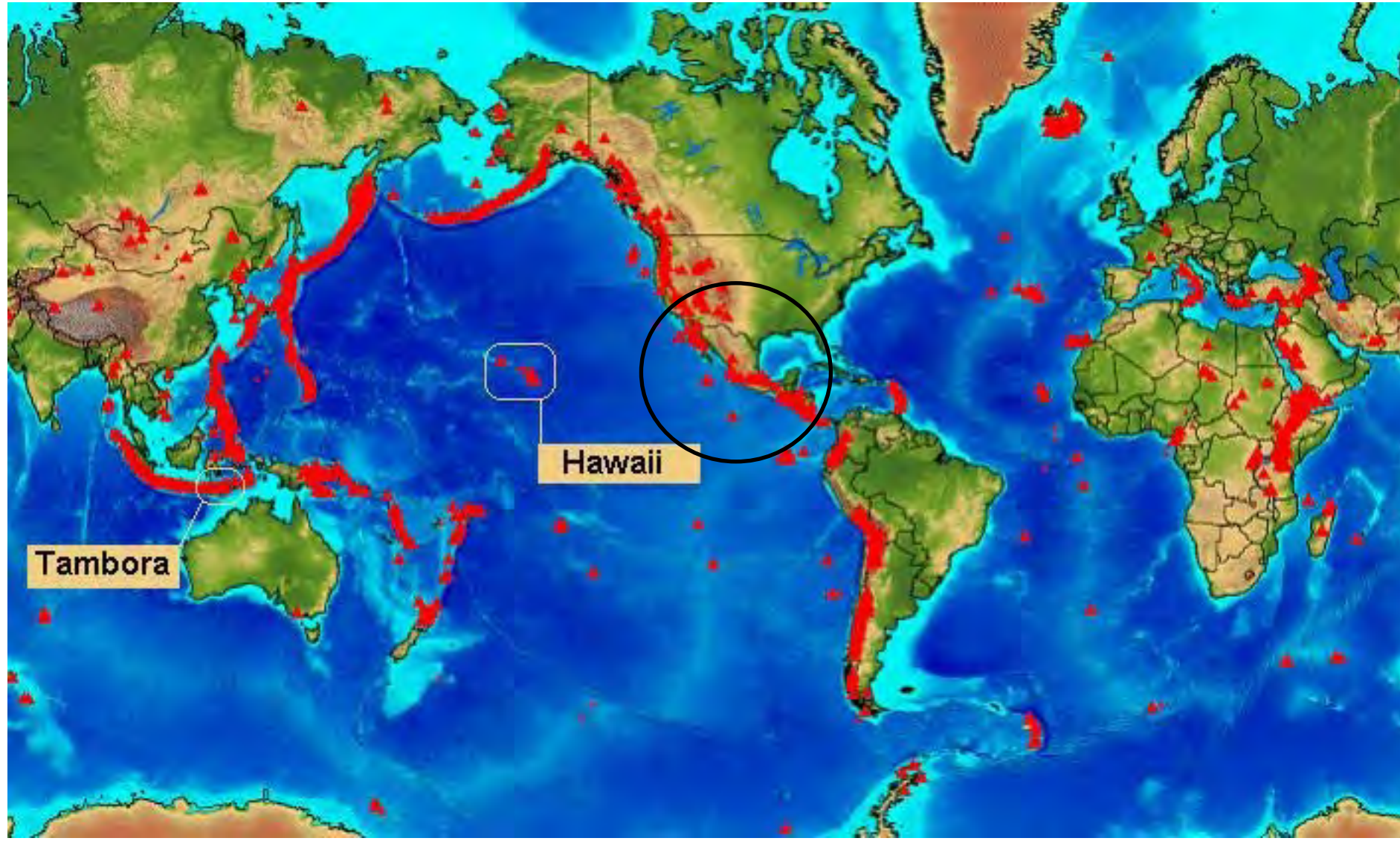
209899-30



# Efecto del sobre-calentamiento de la zona de la turbina



Se estima que más hay más de 1,500 volcanes activos alrededor del mundo. Al año se presentan alrededor de 60 erupciones



Las aeronaves siguen rutas aéreas definidas por puntos de control. Deben seguir niveles específicos (FL). Estas rutas son definidas por las autoridades aeronáuticas

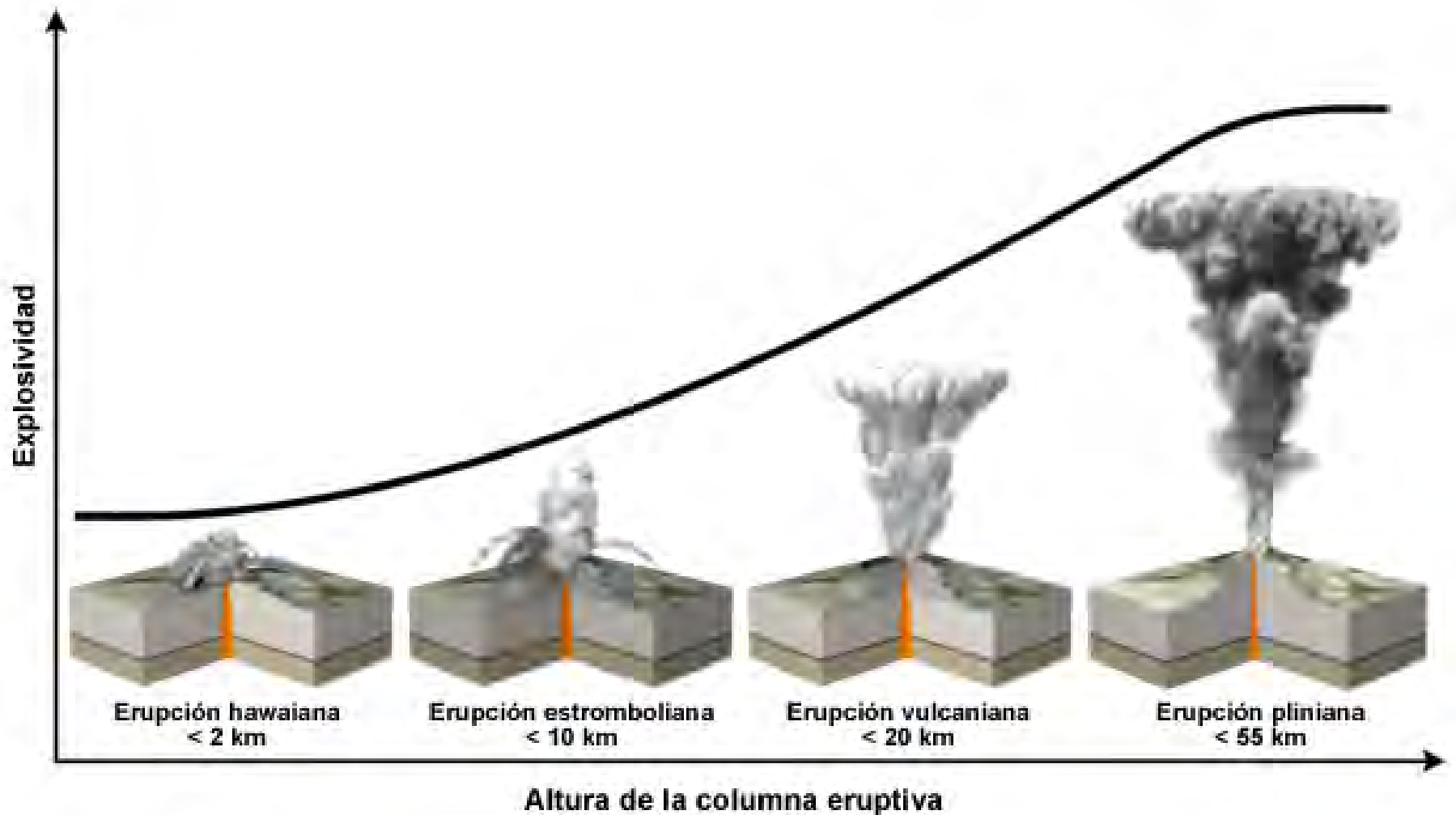


# Algunos datos importantes

- Número estimado de días por año que la ceniza volcánica en suspensión en el aire es motivo de preocupación para la aviación: 50 a 75.
- De 1953 a 2009, se documentaron 129 encuentros de aeronaves con cenizas volcánicas (Guffanti et al., 2009).
- En el periodo de 2010-2014 se reportaron 113 incidentes de aeronaves con ceniza volcánica de los cuales 92 se presentaron durante la crisis del Eyjafjallajökull (Christmann et. Al., 2015)

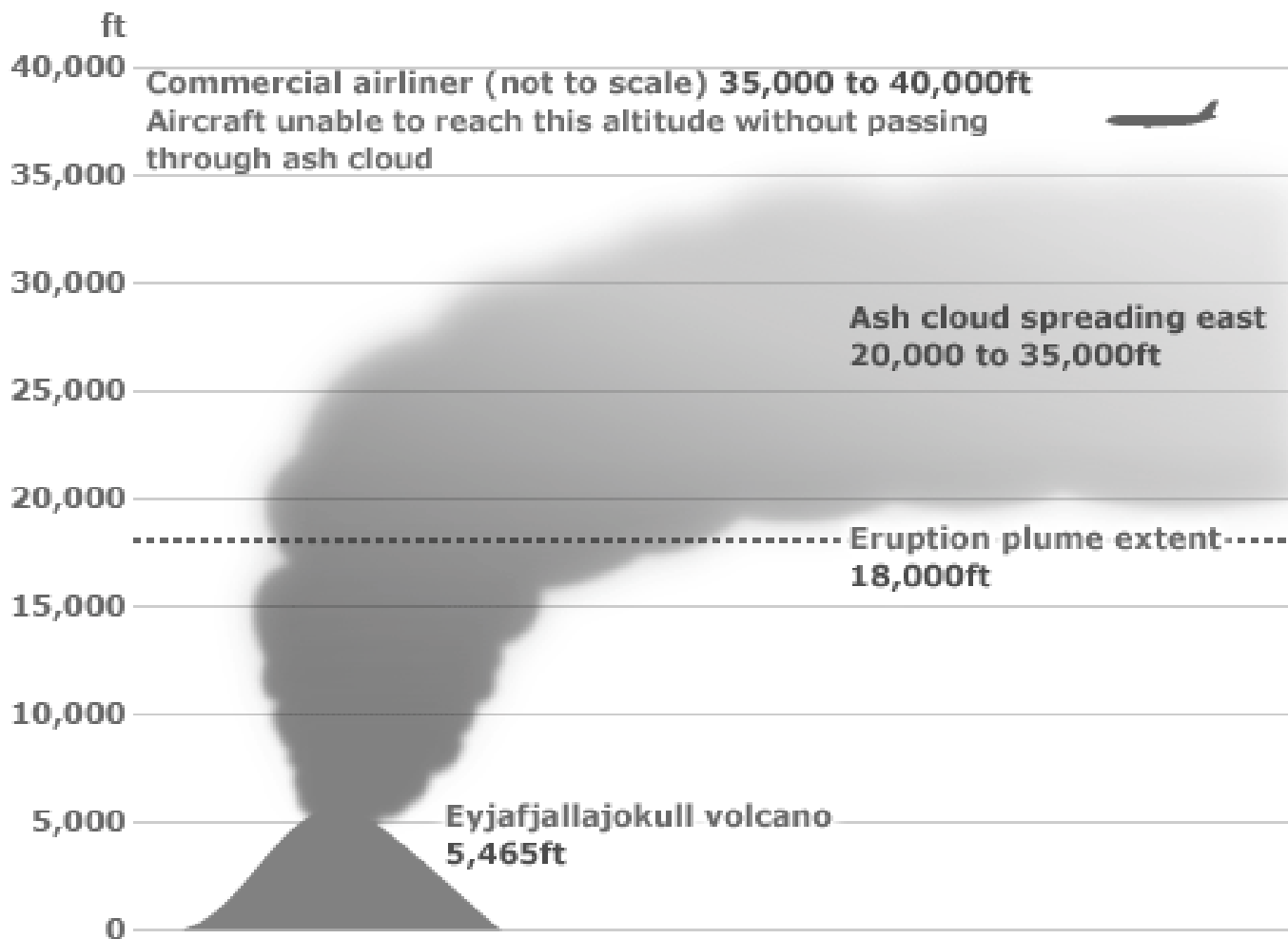
# Tipos de erupción volcánica

Explosividad relativa y altura de la erupción resultante

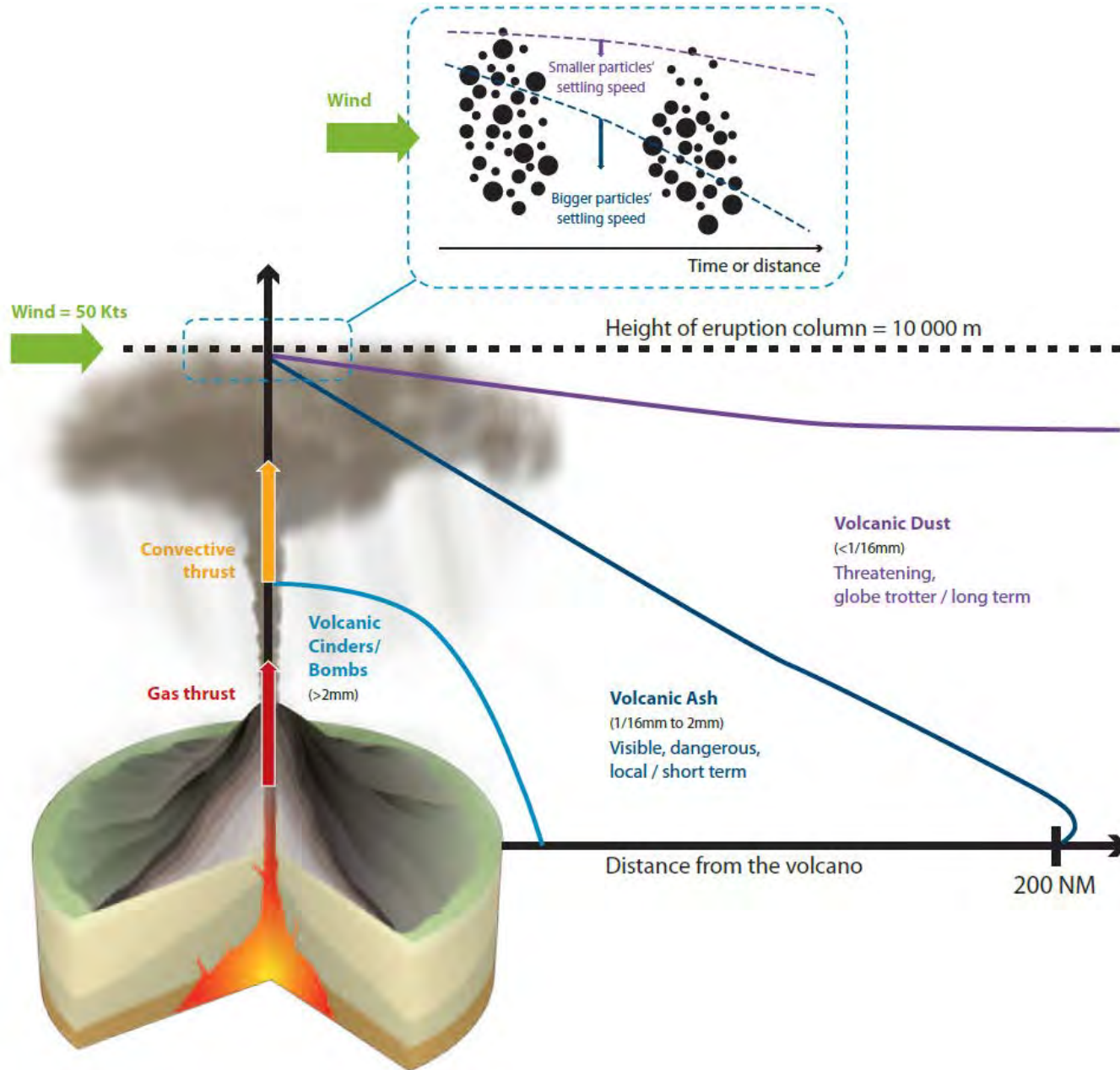


# El factor que determina el impacto en la aviación es la cantidad de material emitido

Height of Icelandic volcano ash cloud



# Distribución de la ceniza volcánica





En apoyo a la aviación en México se  
esta desarrollando el proyecto:

*DESARROLLO DE MAPAS DE IDENTIFICACIÓN  
DE DISPERSIÓN DE NUBES DE CENIZAS  
VOLCÁNICAS PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGO  
EN LA AVIACIÓN, DE ACUERDO A LOS  
VIENTOS ESTACIONALES*



seneam



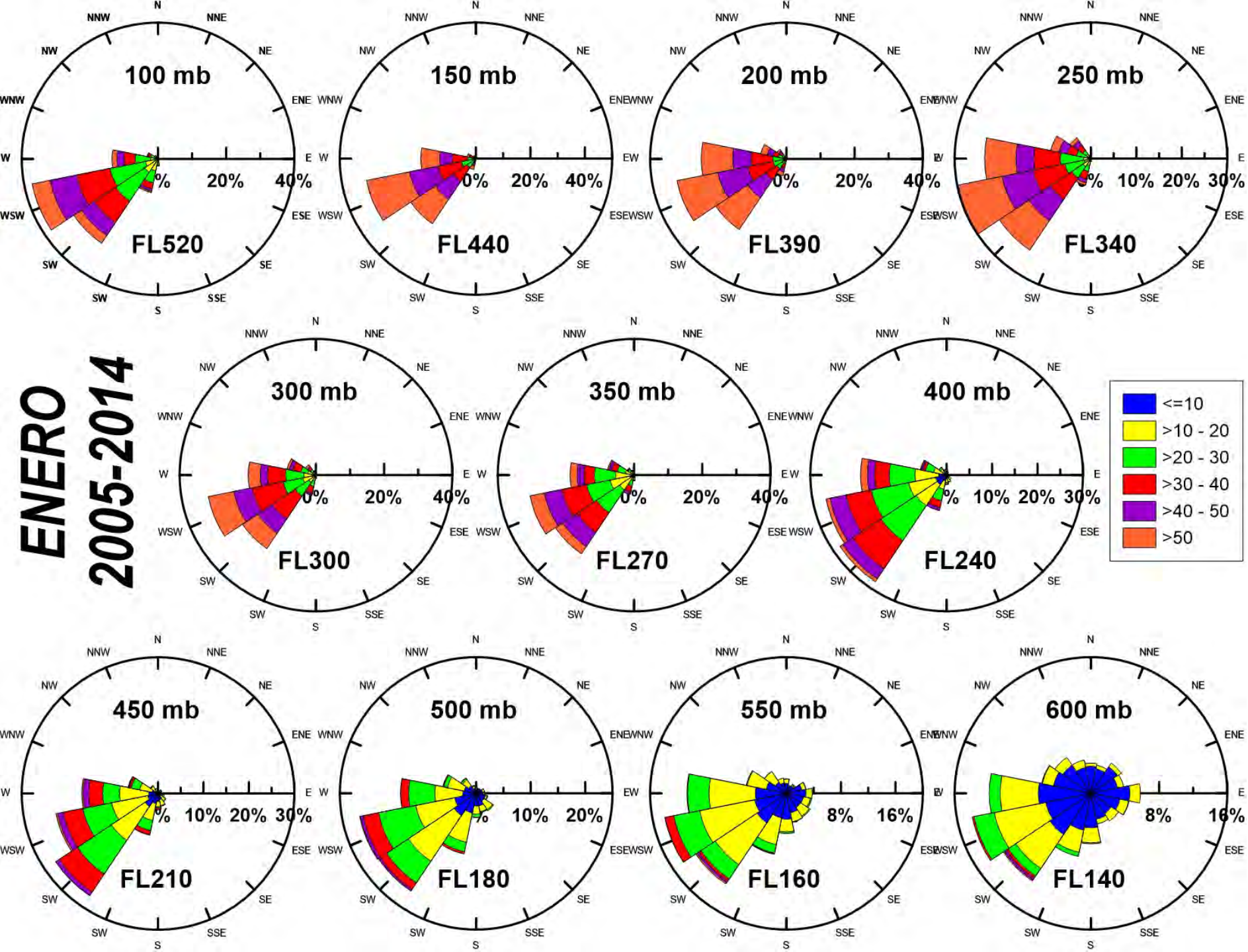
CENAPRED  
MEXICO

**Herramientas  
utilizadas para este  
proyecto**

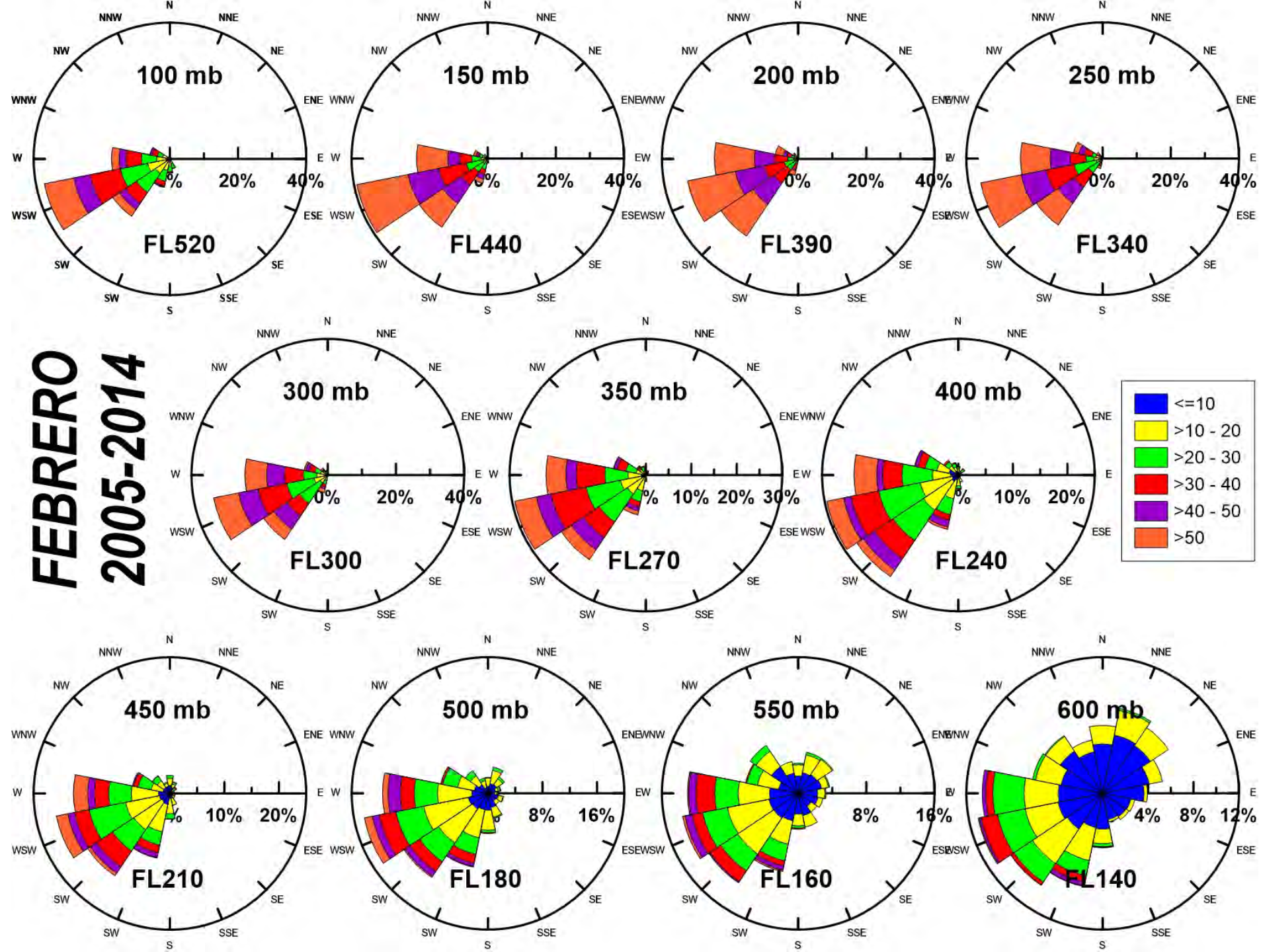
# Estudio de Vientos en la Altura (10 años)

- Se obtuvieron datos de viento en diferentes niveles en el "Air Resources Laboratory" (ARL) de la NOAA.
- Se obtienen datos cada 3 horas en niveles cada 50 mb.
- Se obtuvieron datos para 10 años (2004 al 2014).
- Se separaron los datos por meses del año y por niveles de presión.

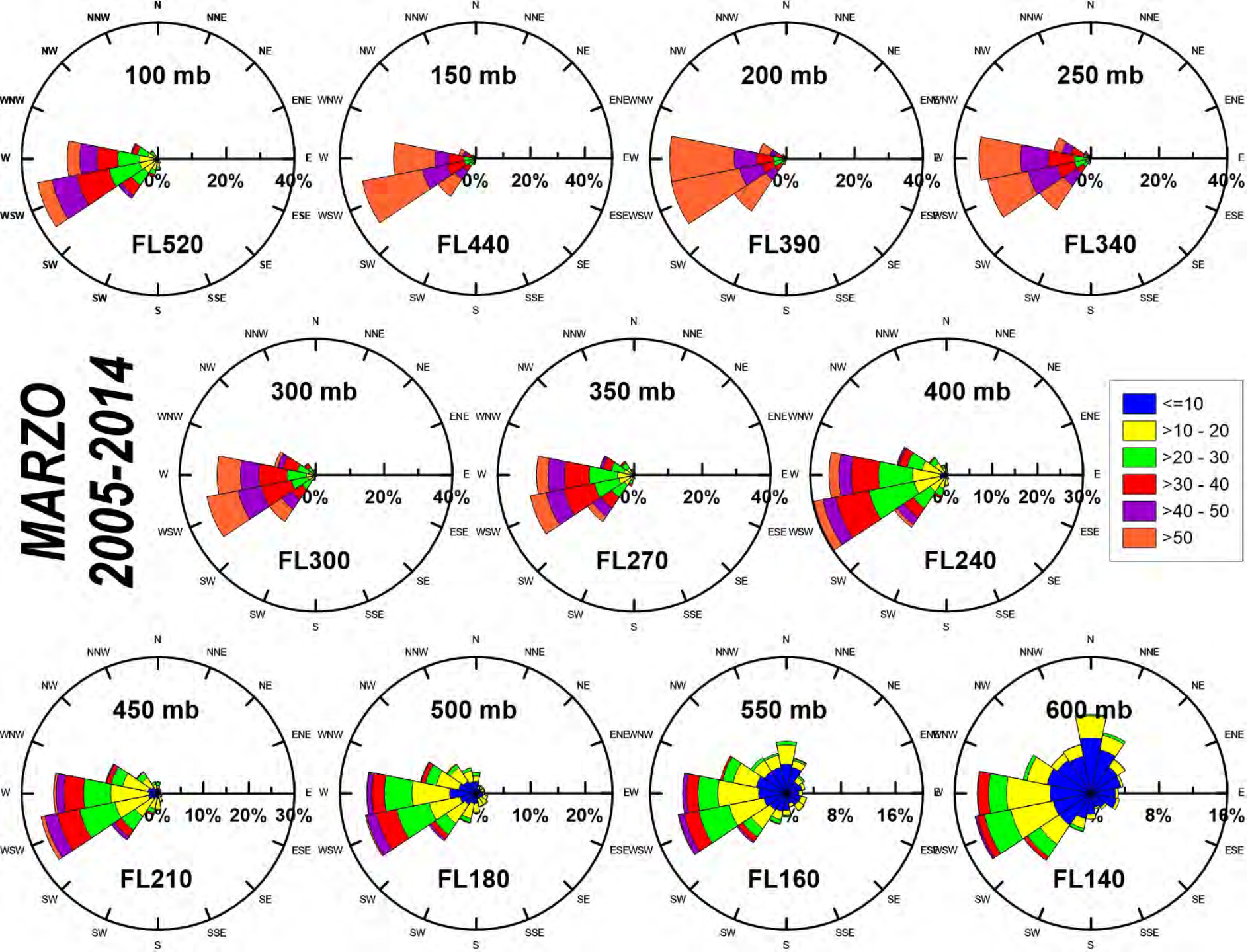
# ENERO 2005-2014



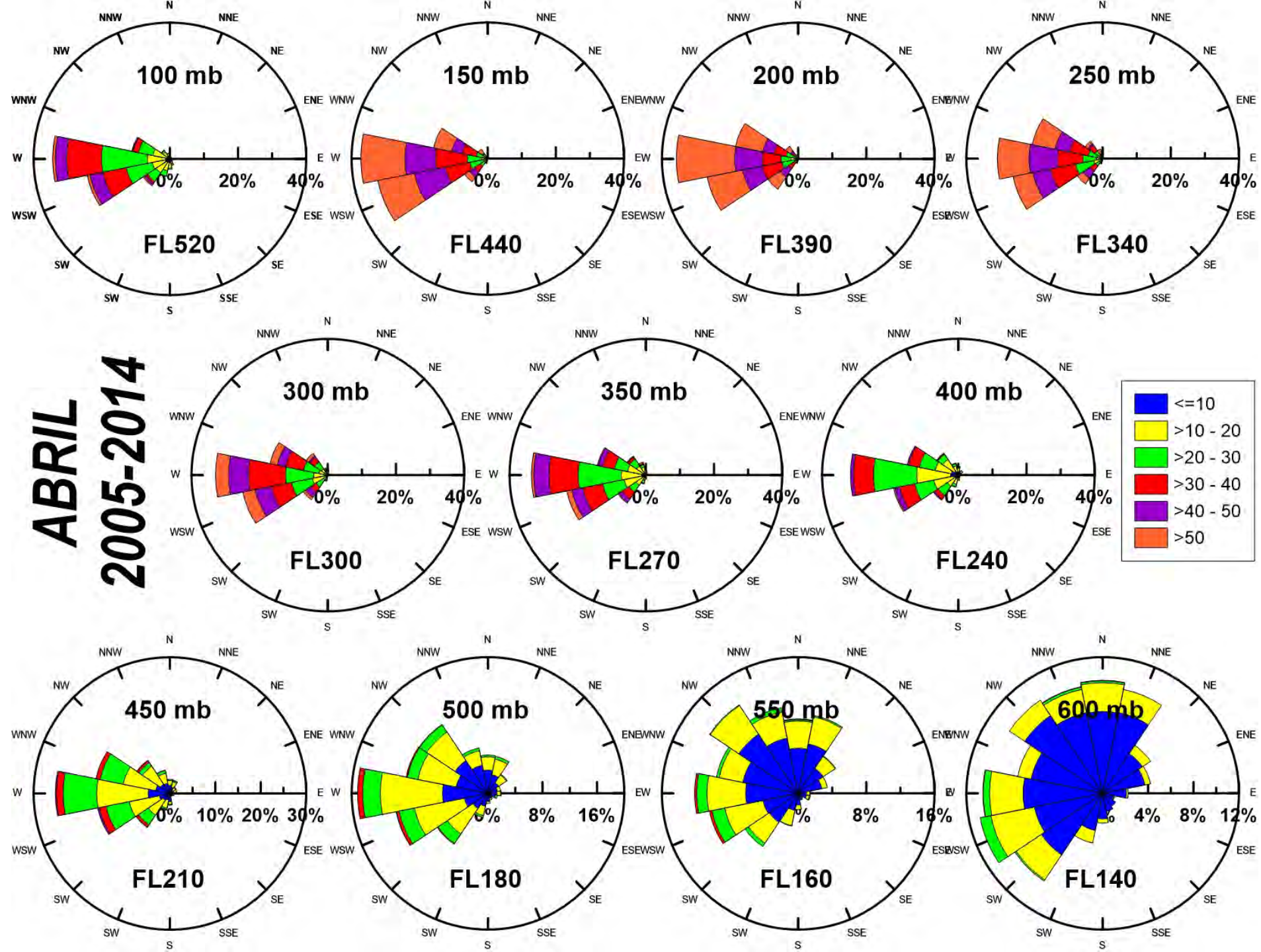
# FEBRERO 2005-2014



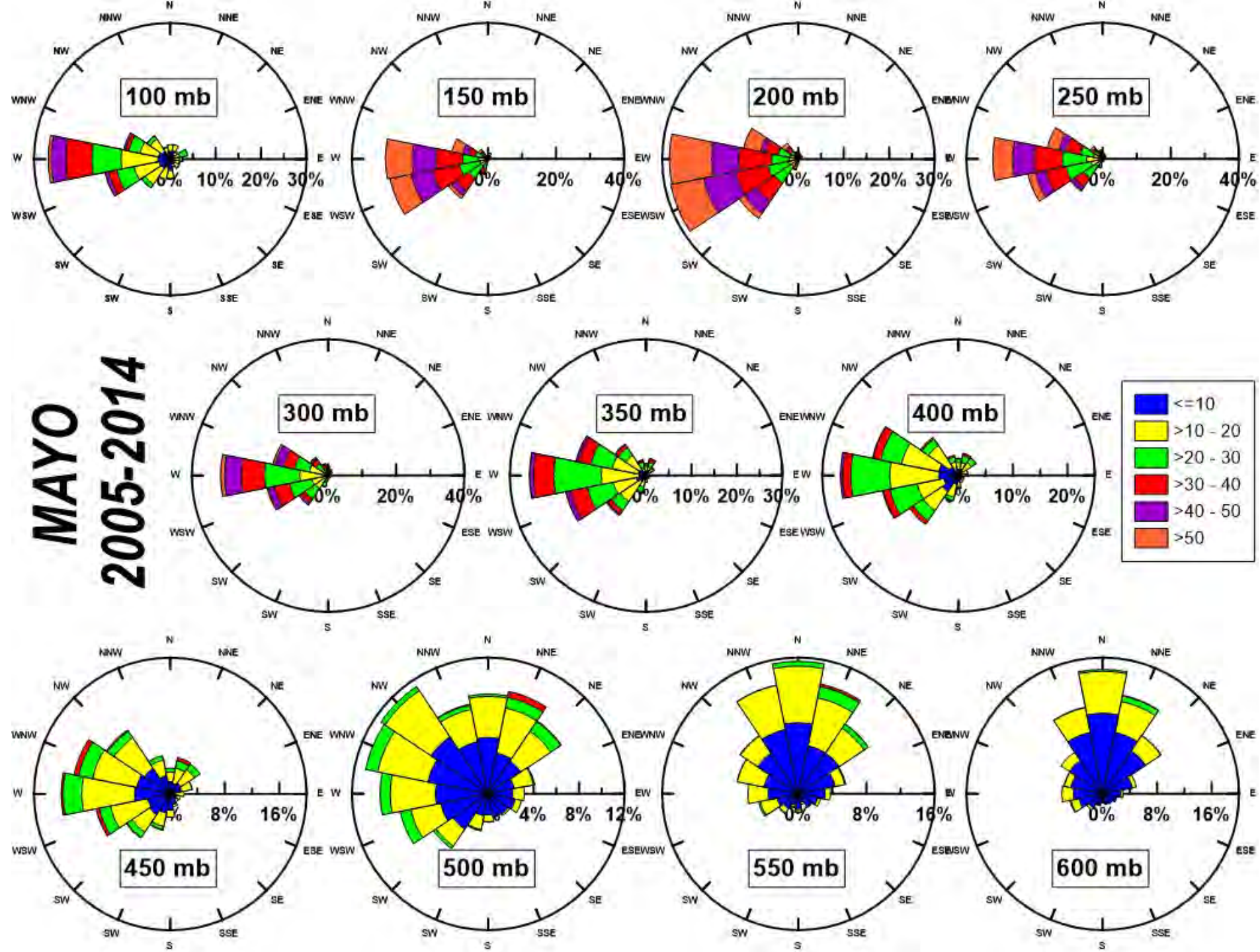
# MARZO 2005-2014



# ABRIL 2005-2014

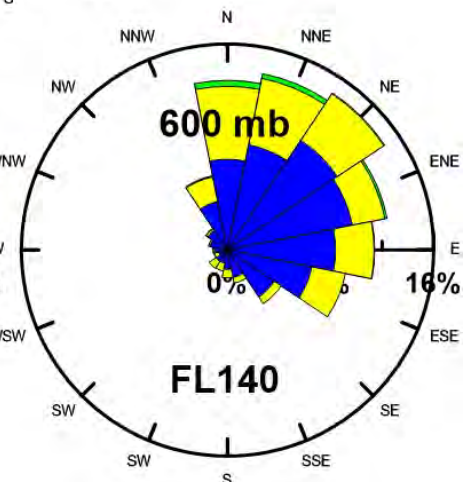
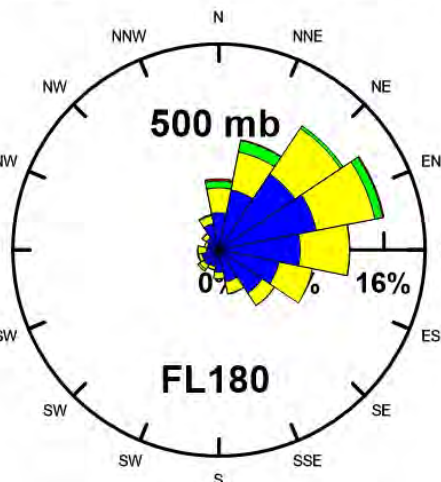
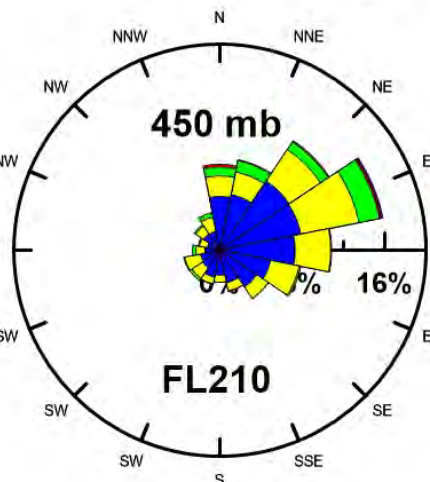
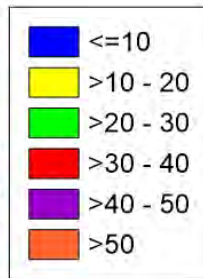
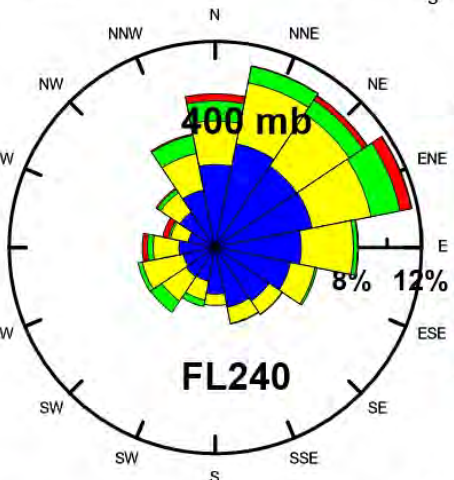
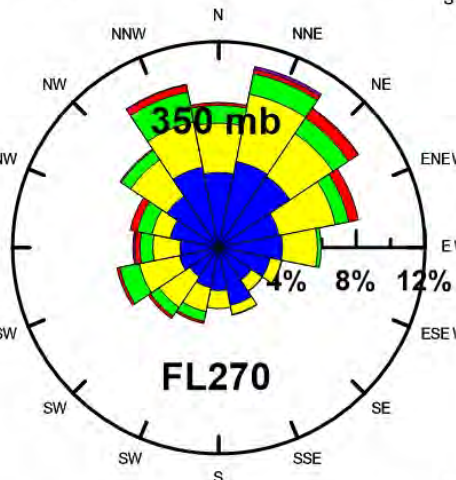
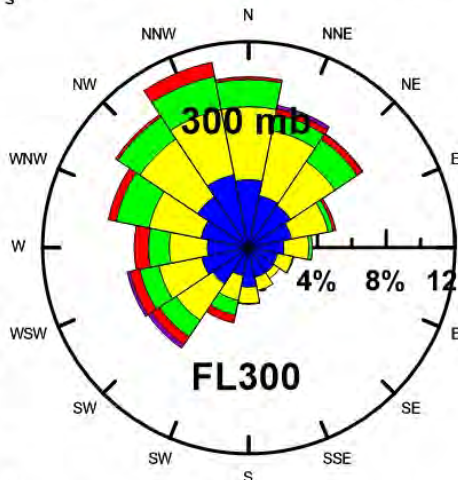
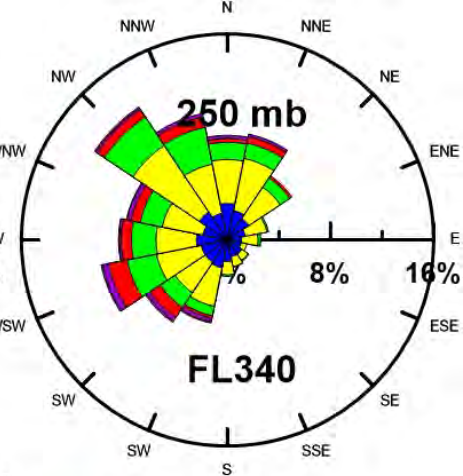
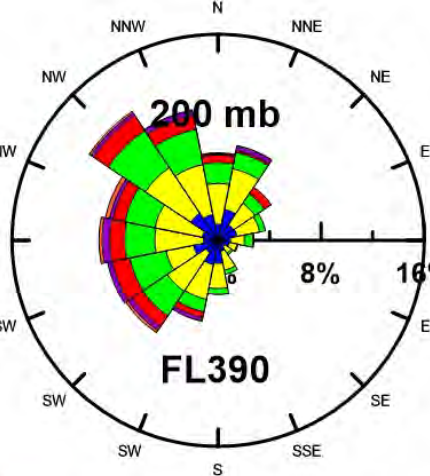
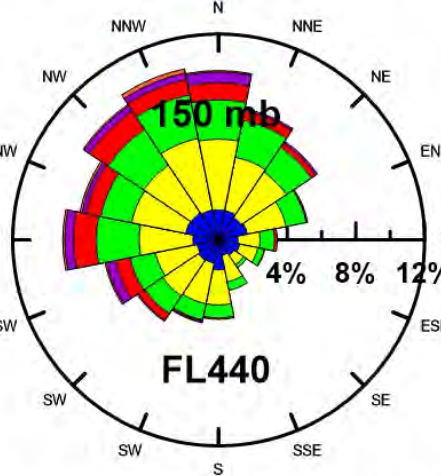
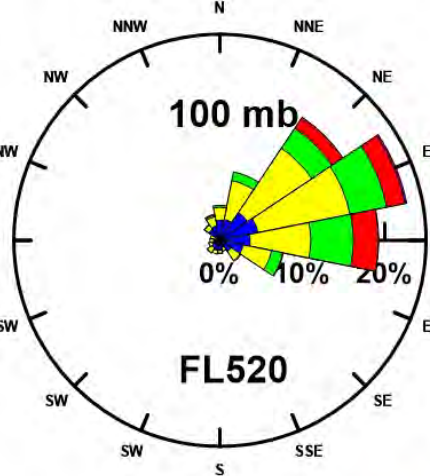


# MAYO 2005-2014

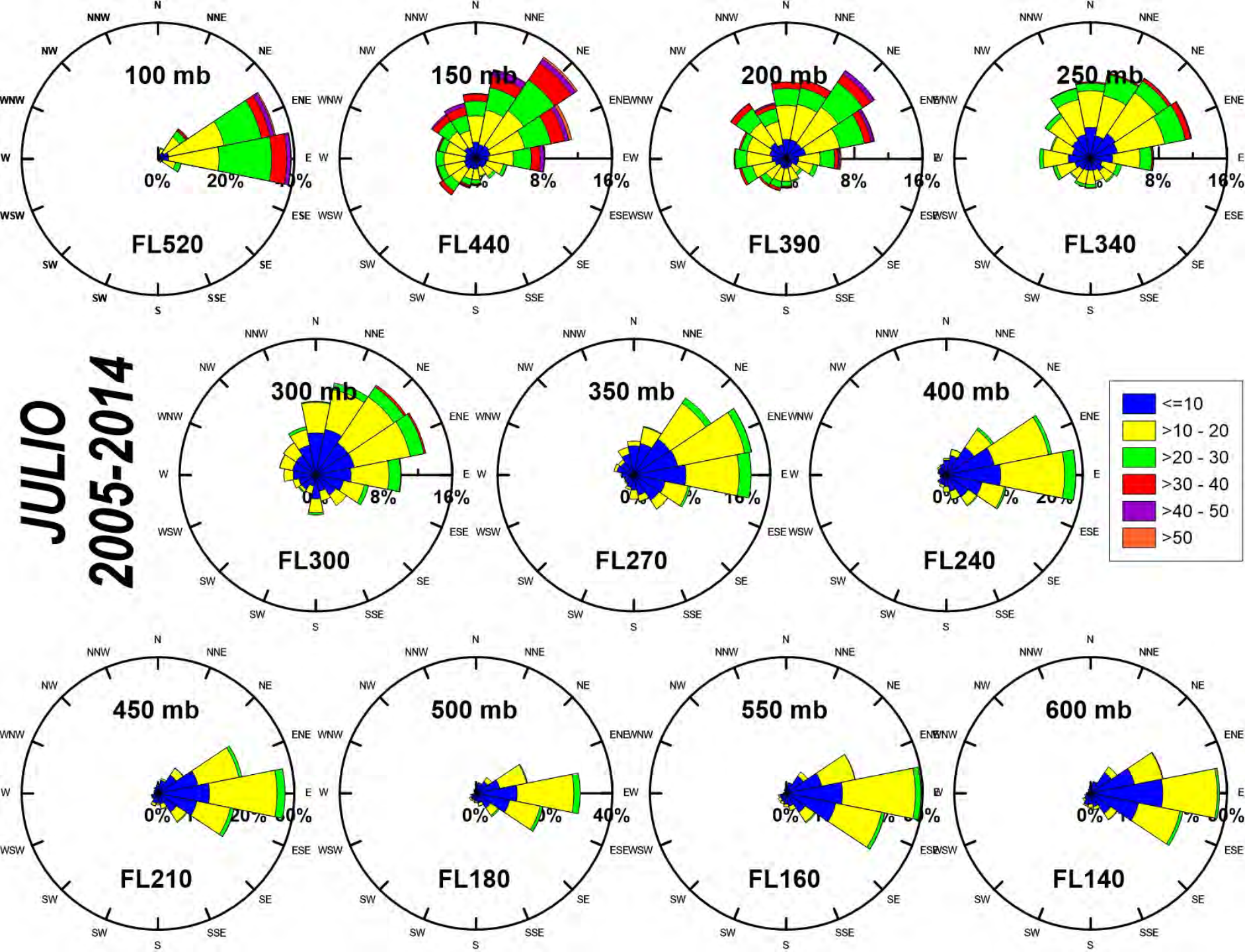




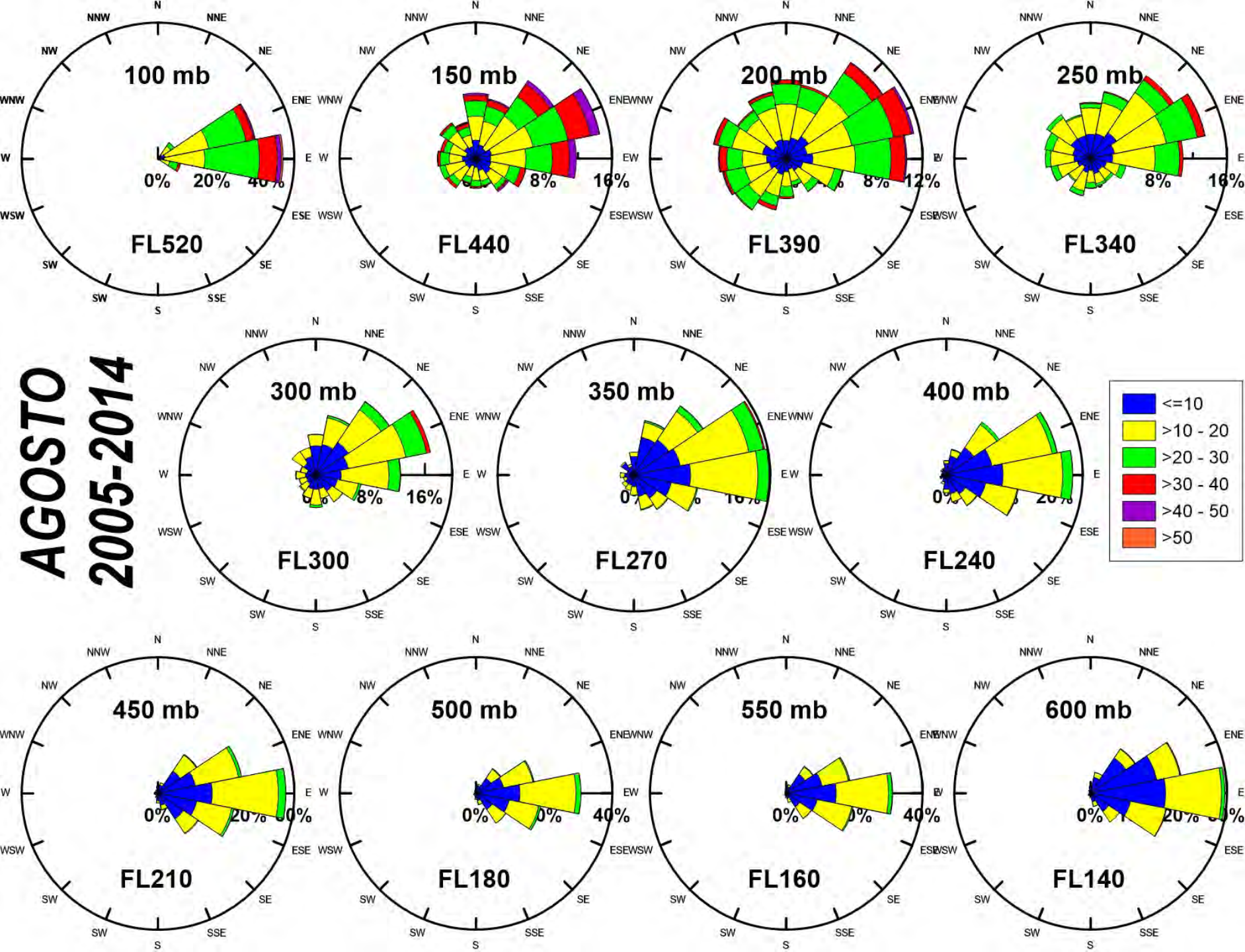
# JUNIO 2005-2014



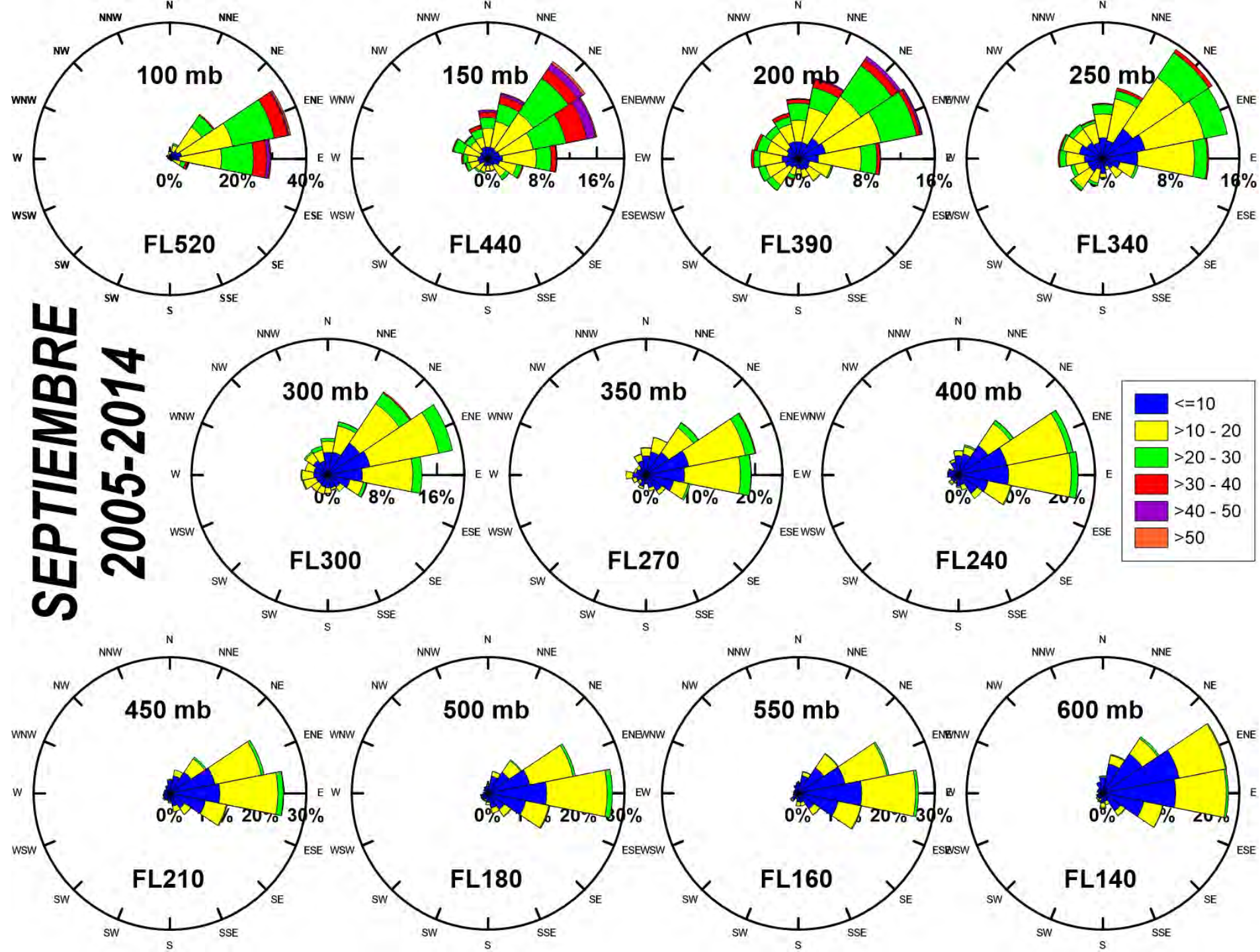
# JULIO 2005-2014



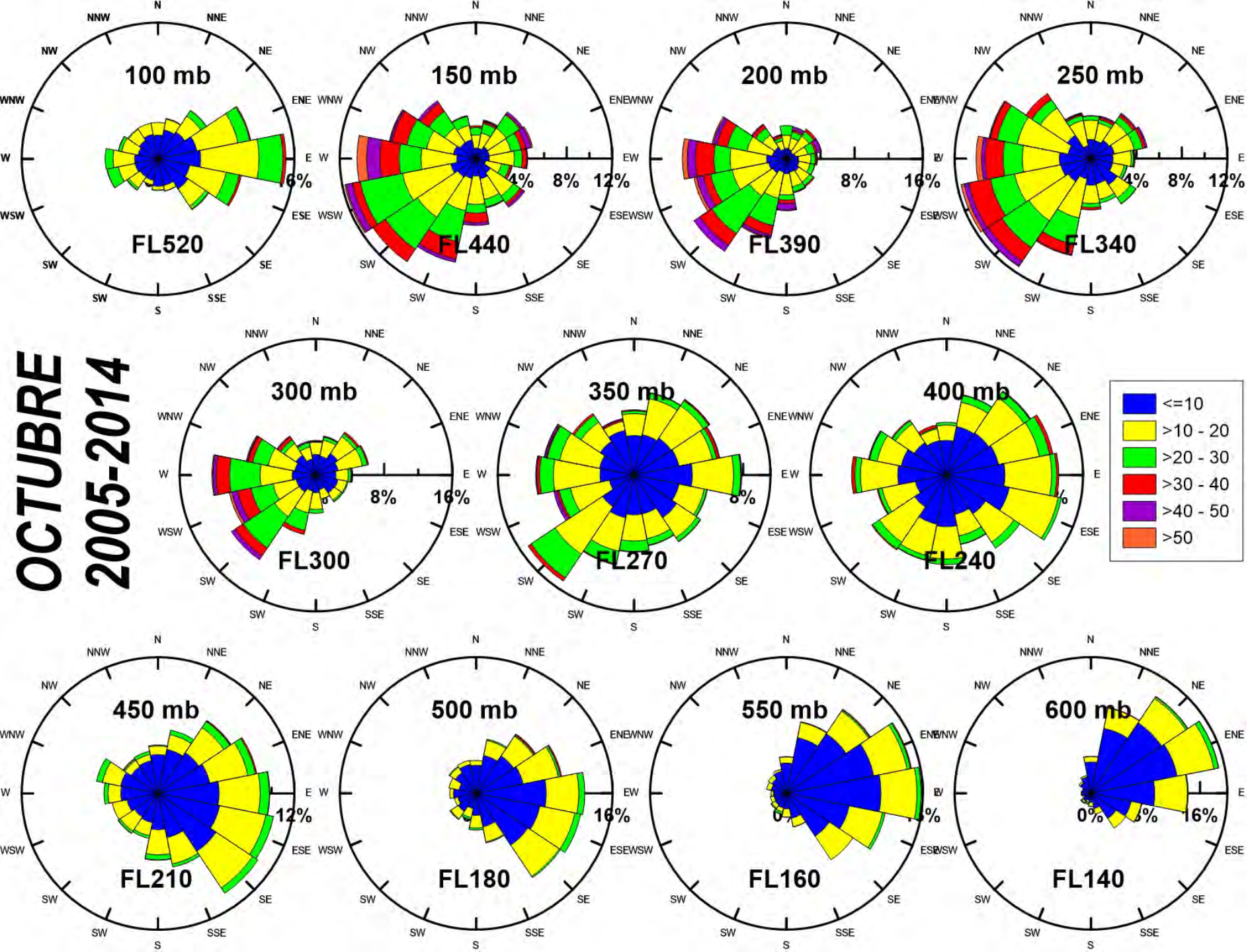
# AGOSTO 2005-2014



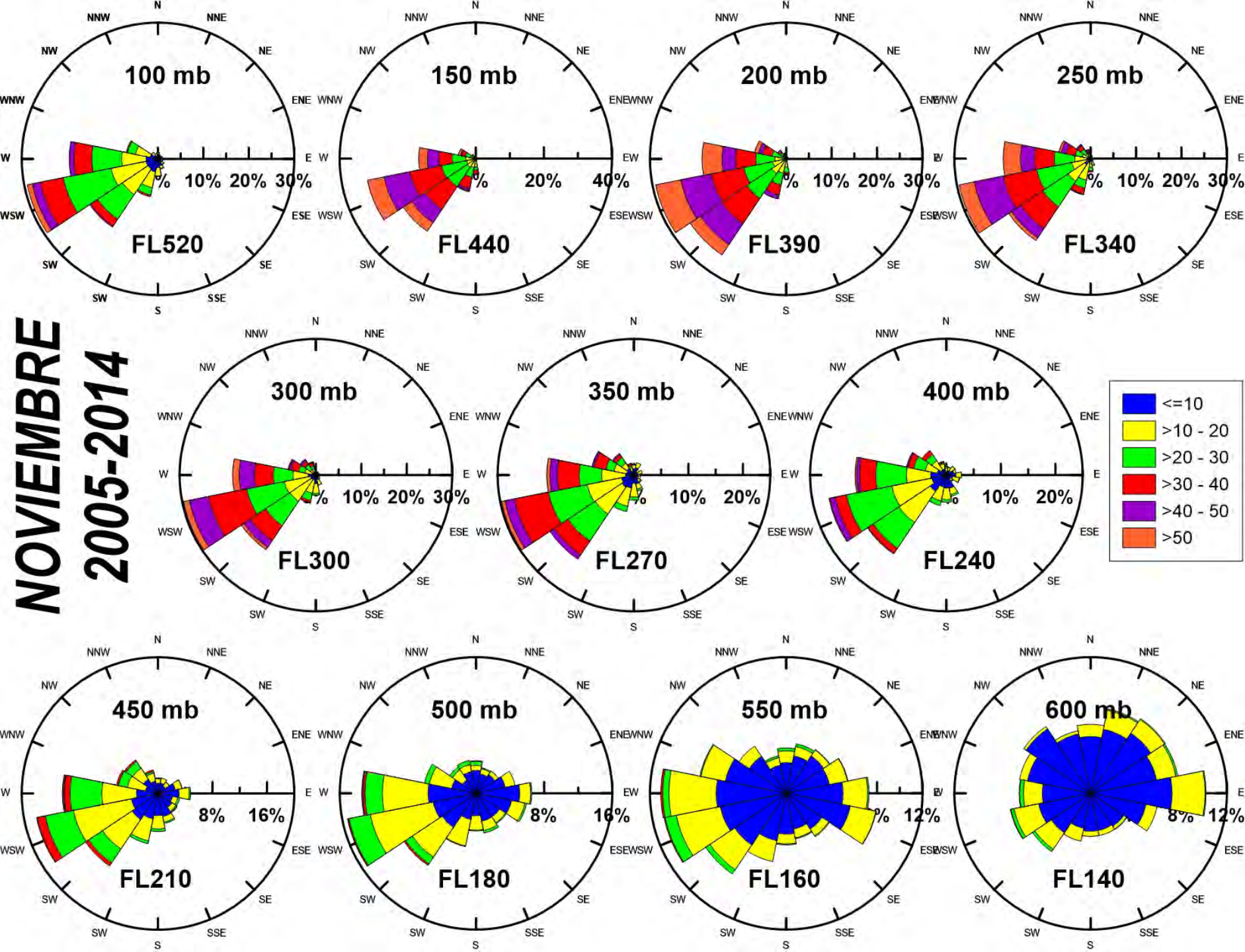
# SEPTIEMBRE 2005-2014



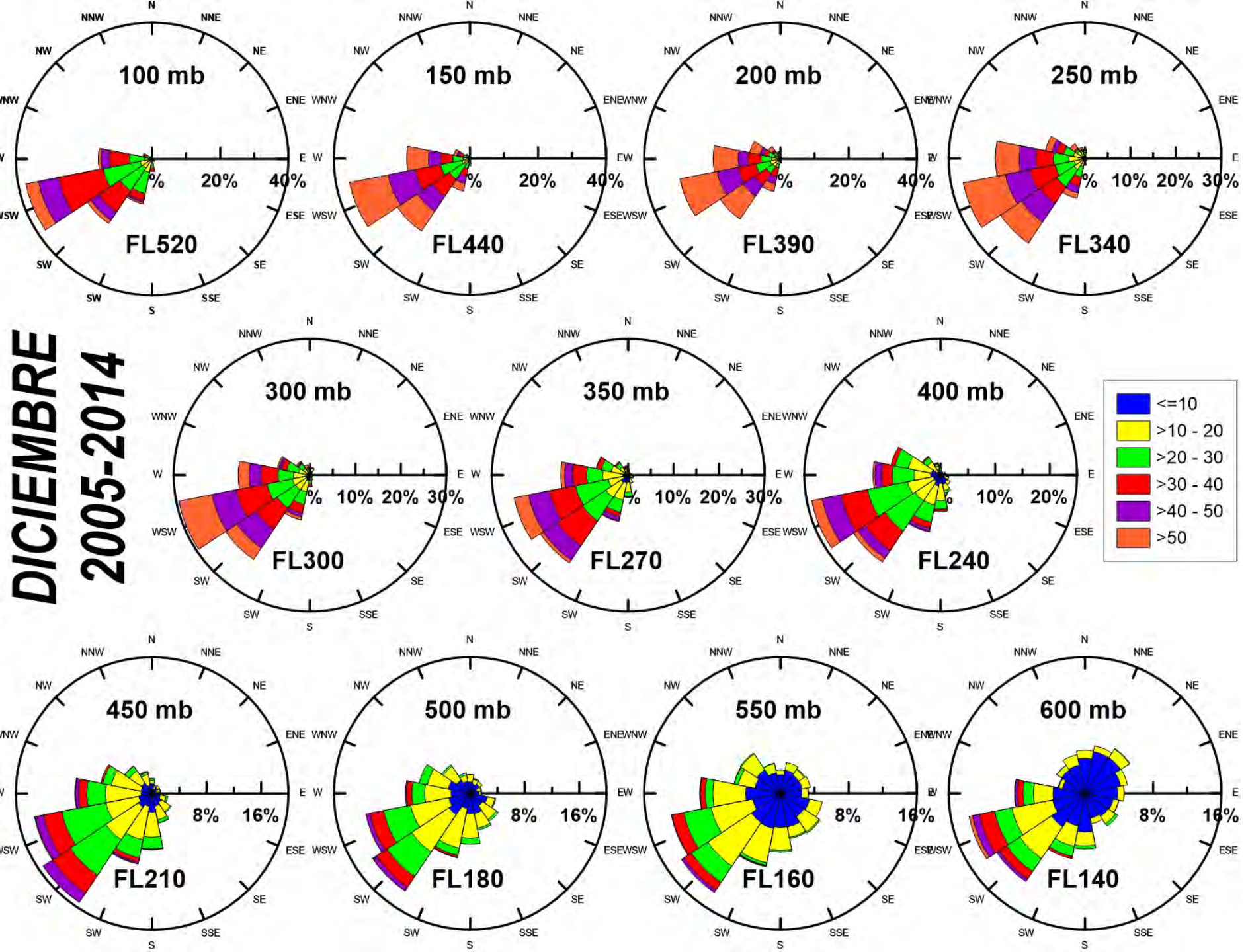
# OCTUBRE 2005-2014



# NOVEMBRE 2005-2014



# DICIEMBRE 2005-2014



**Estudio de dirección  
de plumas volcánicas.**

**Información  
proporcionada por**

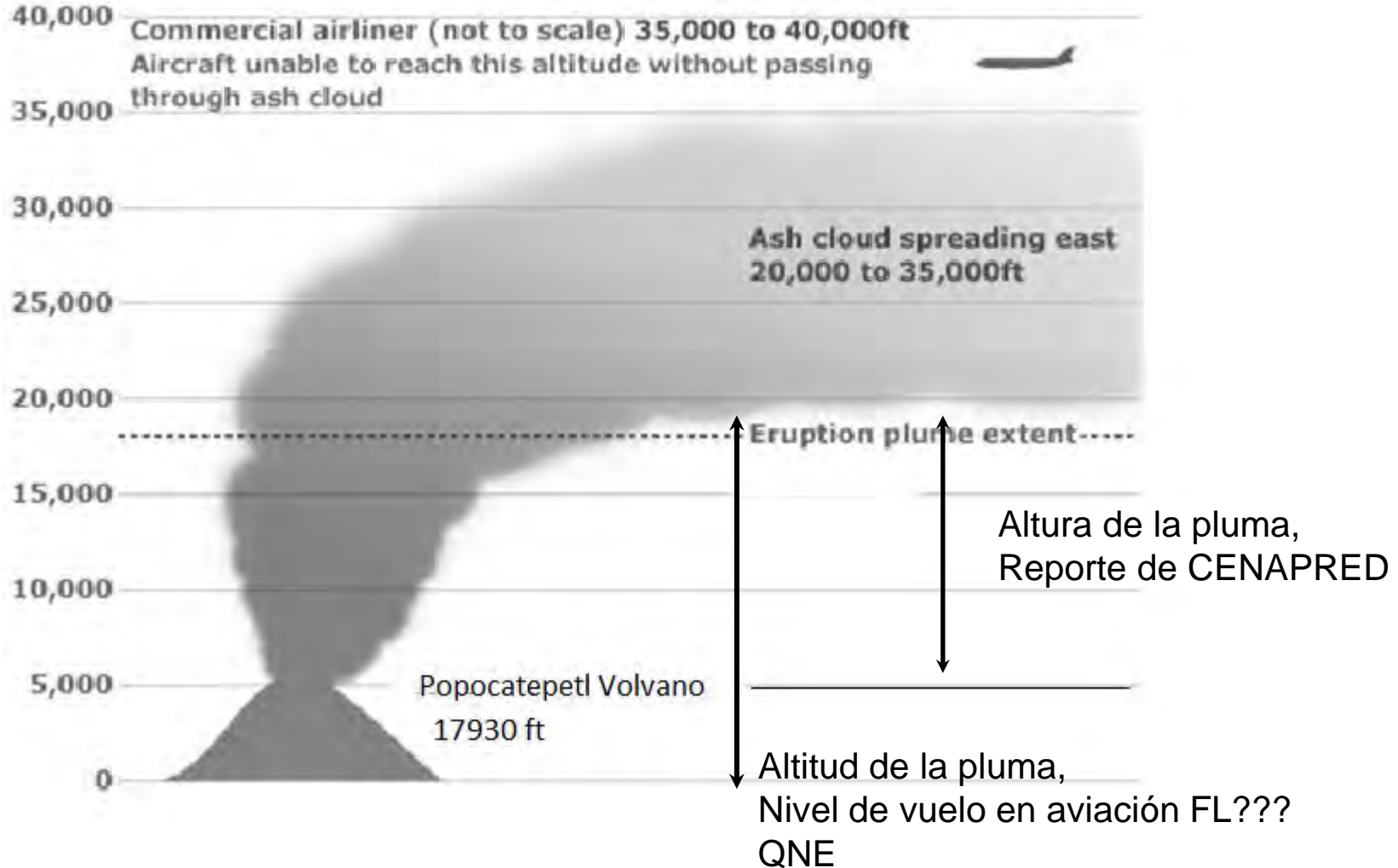
**CENAPRED  
(1994 a 2013)**

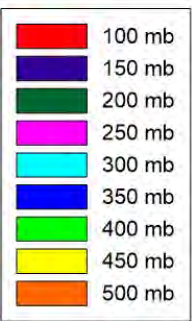
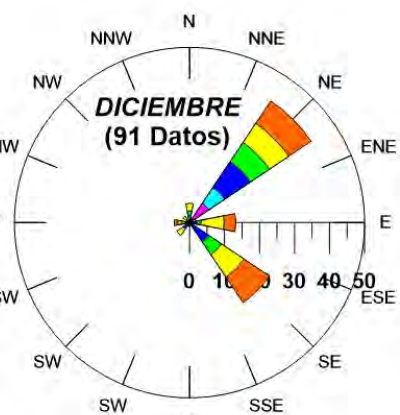
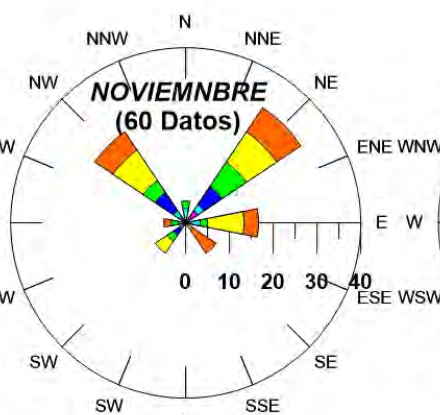
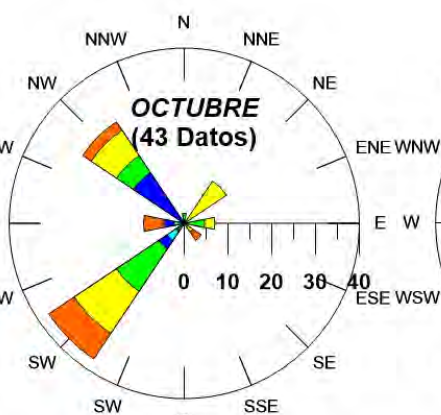
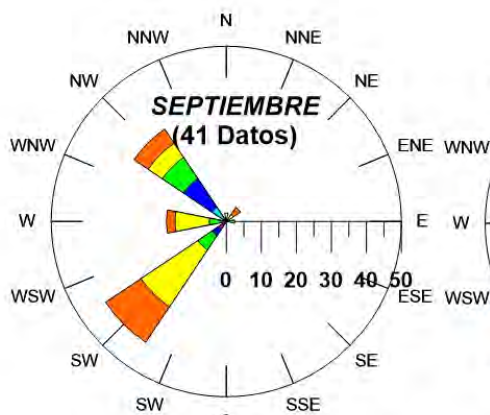
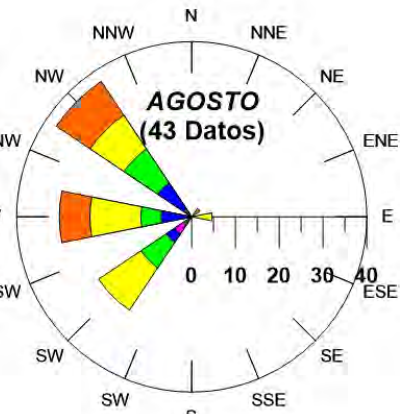
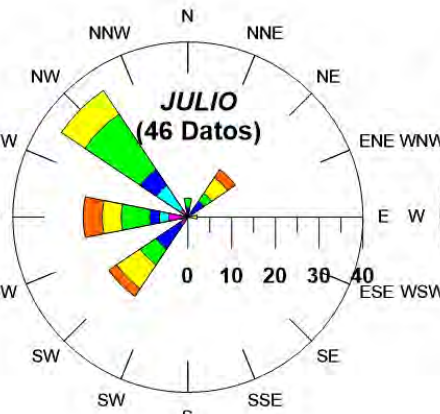
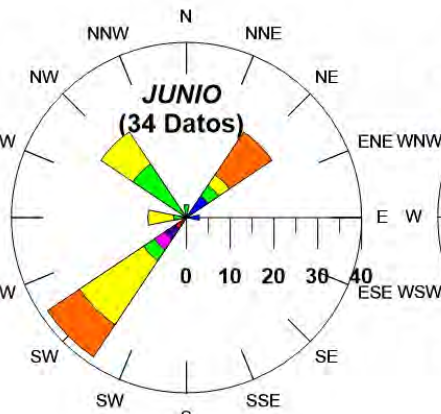
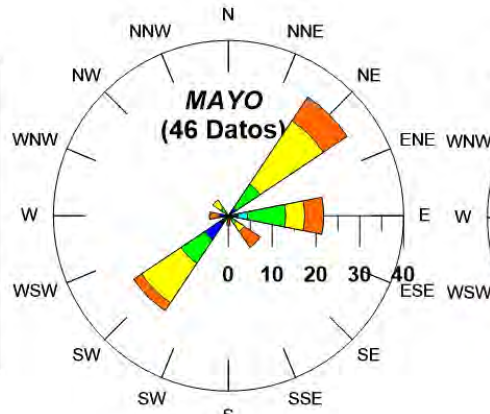
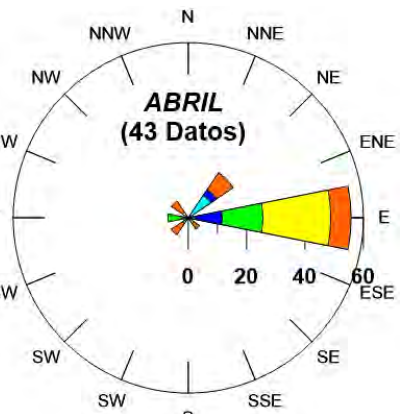
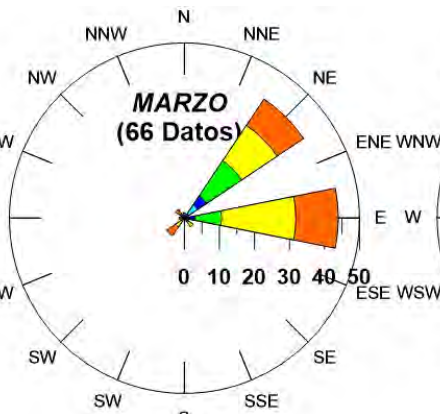
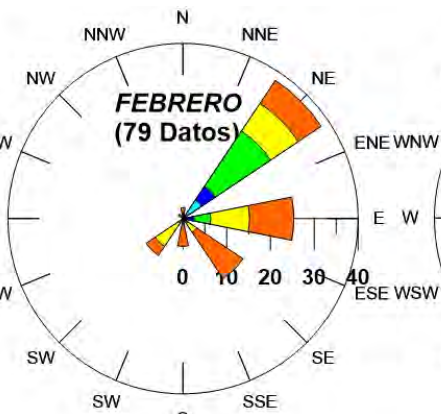
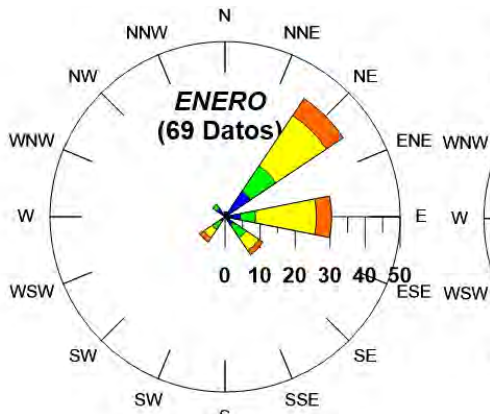


# Análisis de datos de nubes Volcánicas

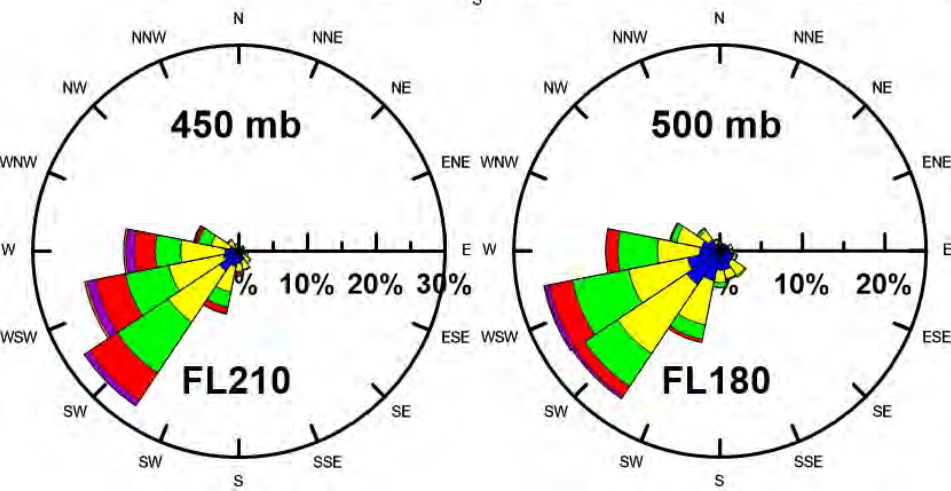
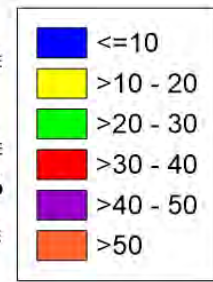
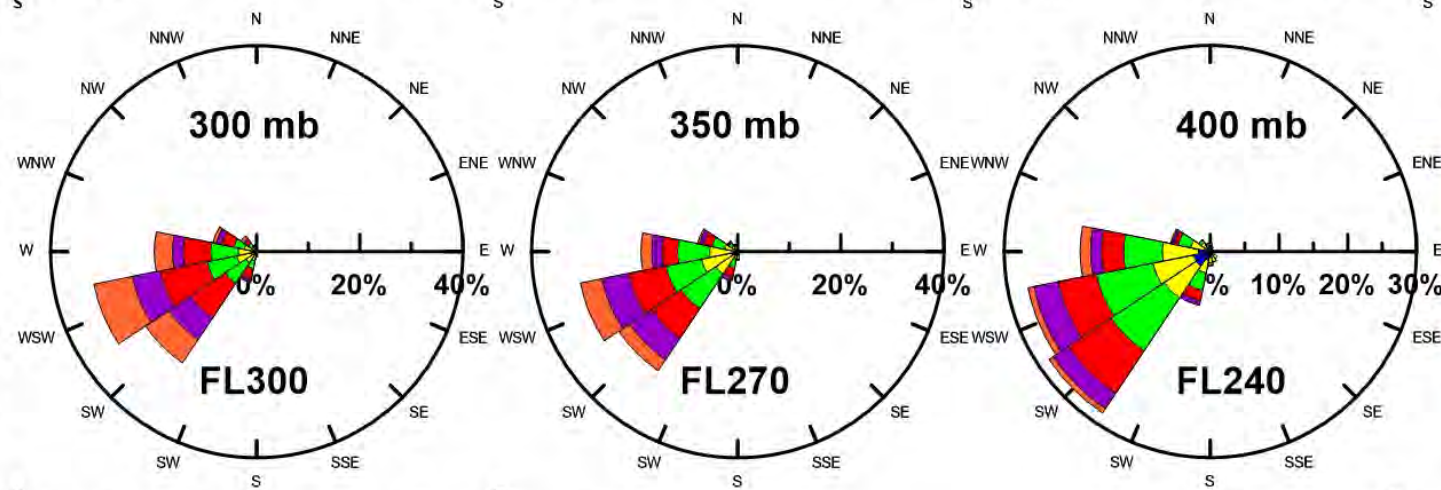
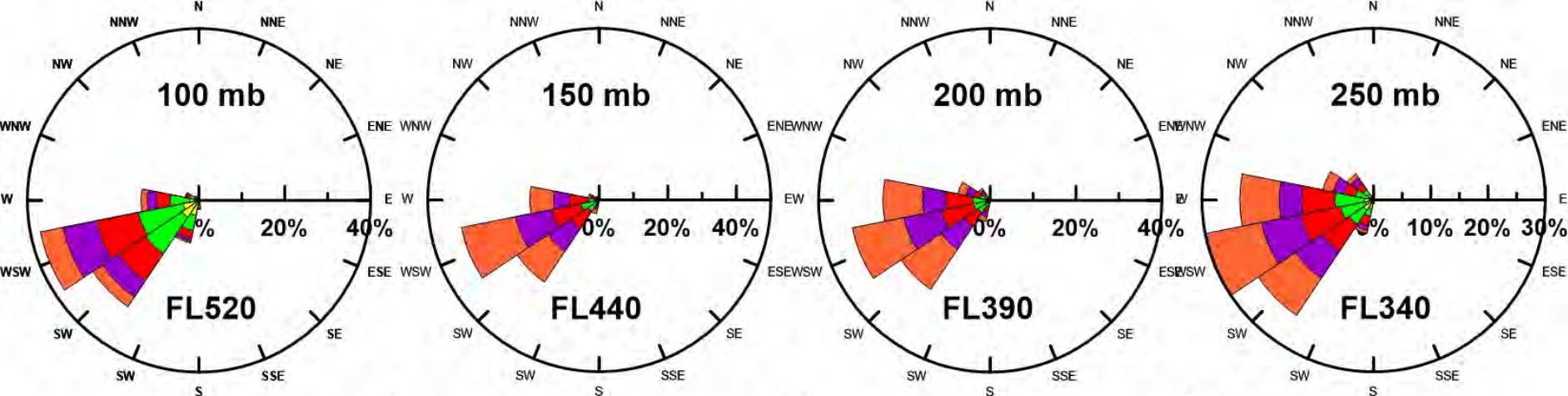
- Se utilizó la base de datos proporcionada por CENAPRED en la cual se reportan 661 eventos eruptivos en 20 años.
- Al igual que los datos de viento, se identificaron los datos por mes y por niveles para analizar su dirección.
- Se comparan estos datos con los mapas de vientos propuestos para validar las zonas identificadas como de riesgo en caso de presencia de ceniza volcánica.

# Altura de la nube de ceniza volcánica

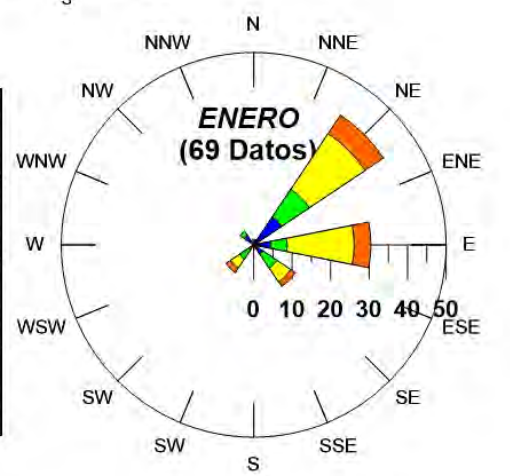




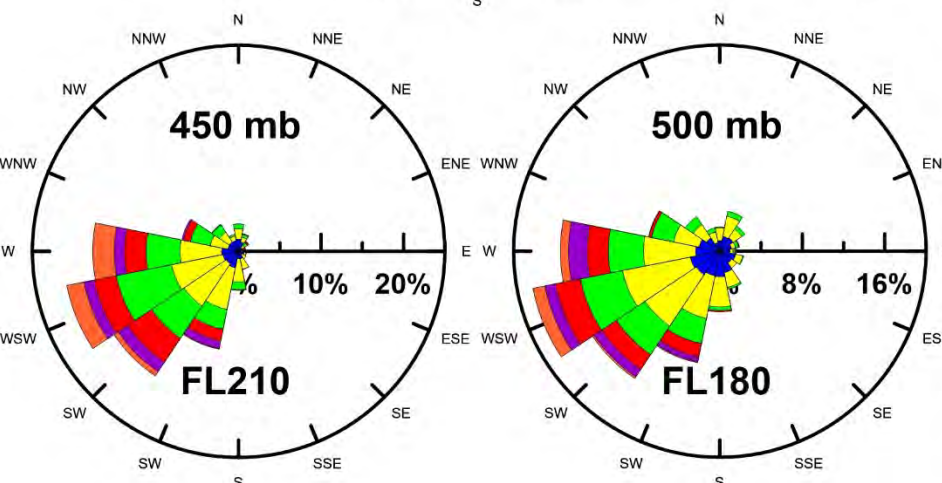
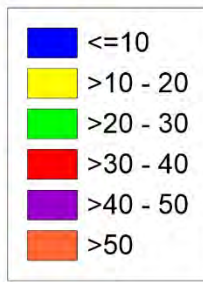
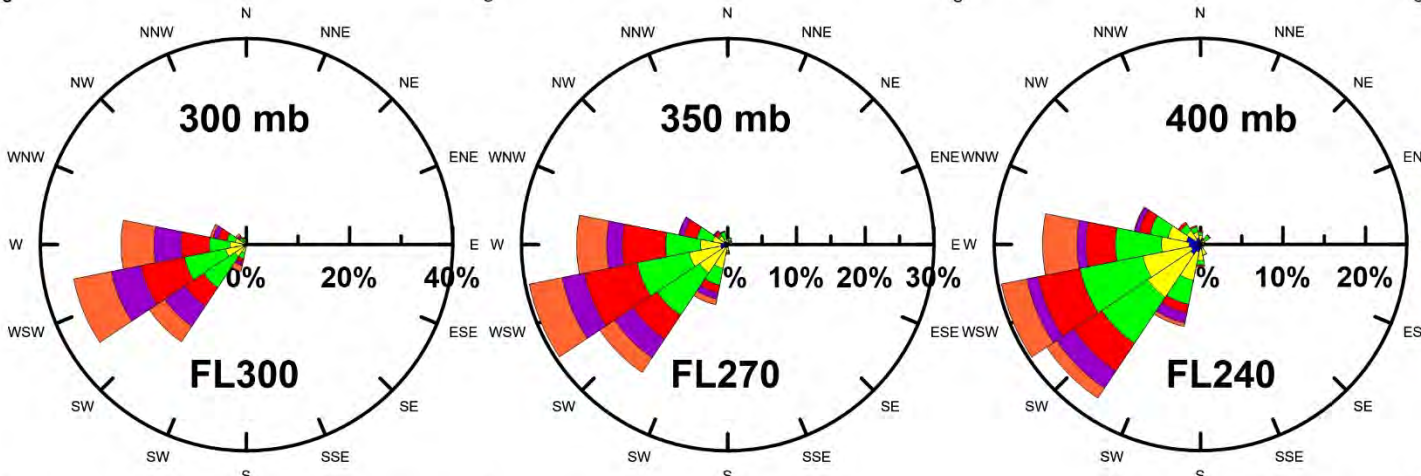
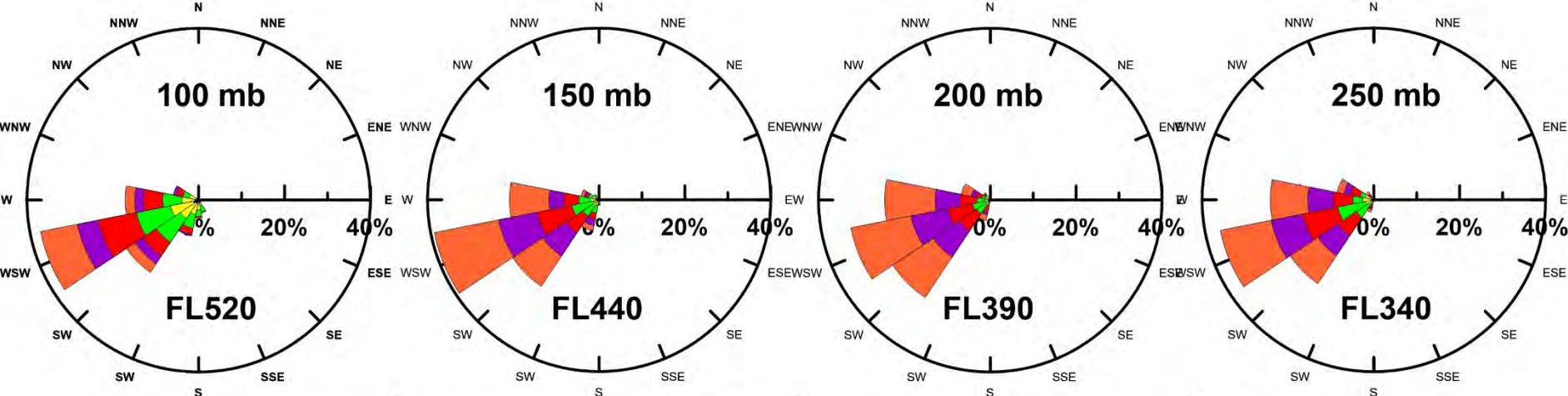
# ENERO 2005-2014



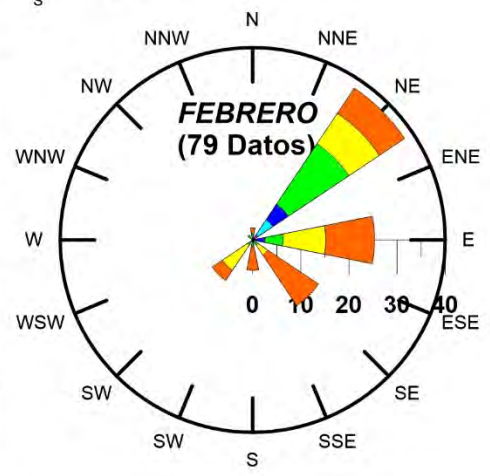
350mb	15.94
400mb	21.74
450mb	42.03
500mb	14.49



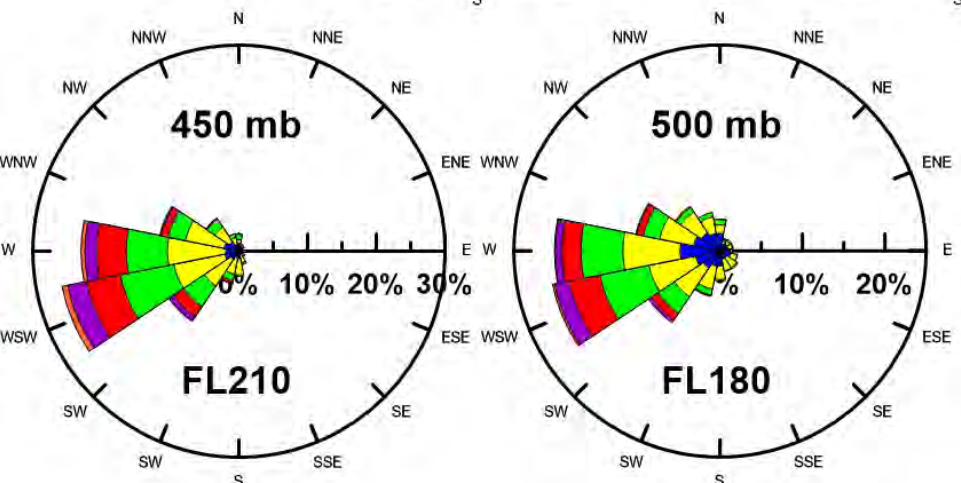
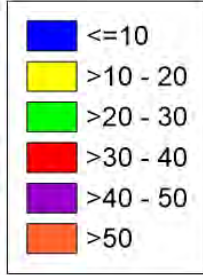
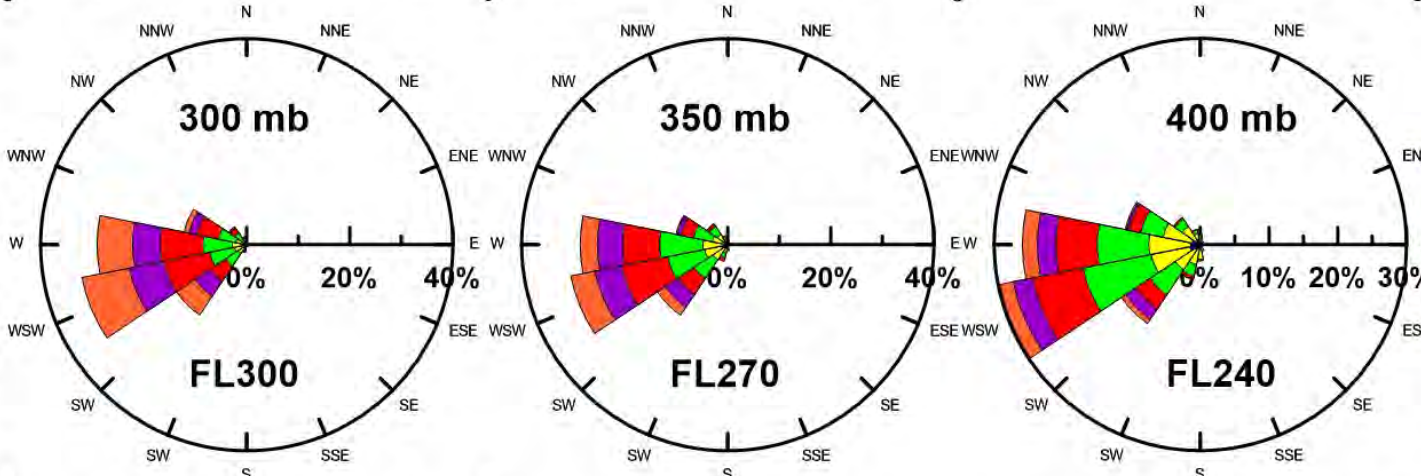
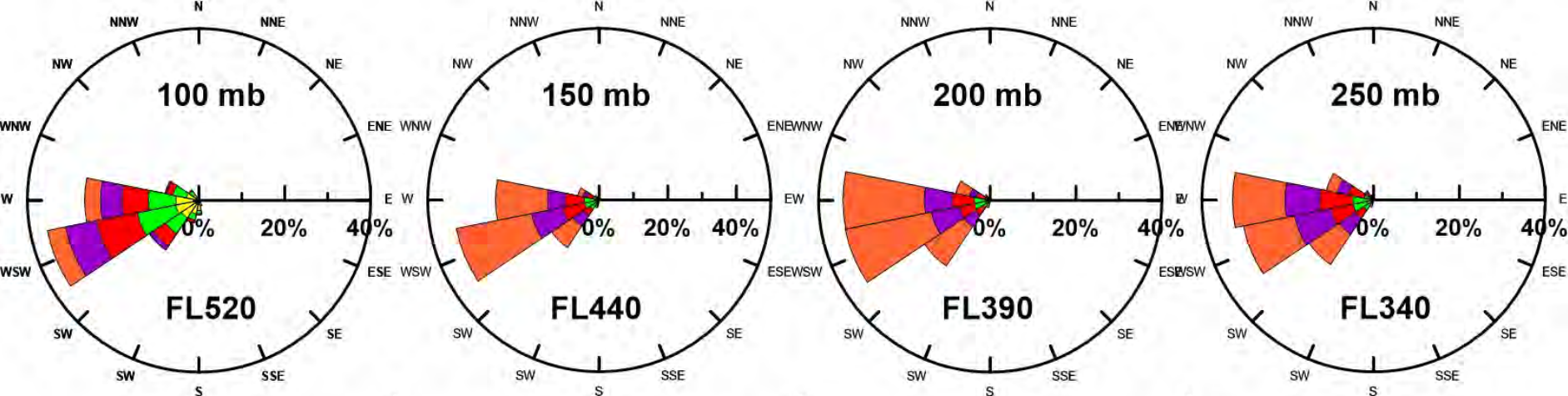
# FEBRERO 2005-2014



350mb	6.33
400mb	25.32
450mb	25.32
500mb	37.97



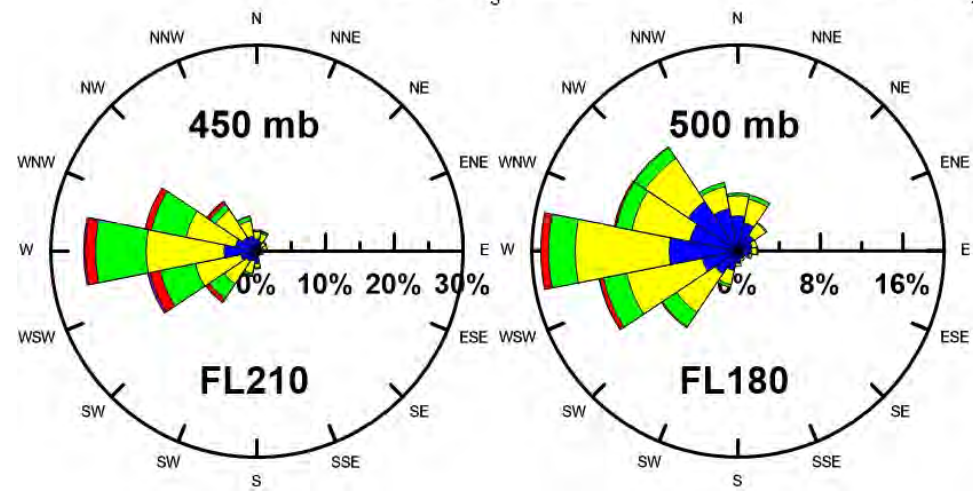
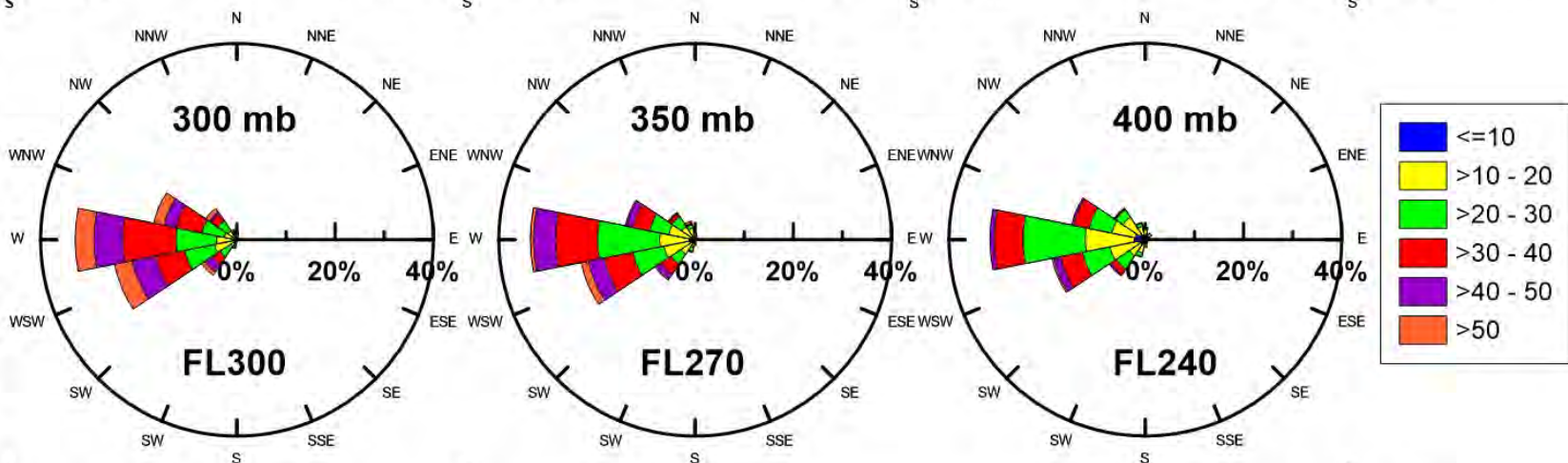
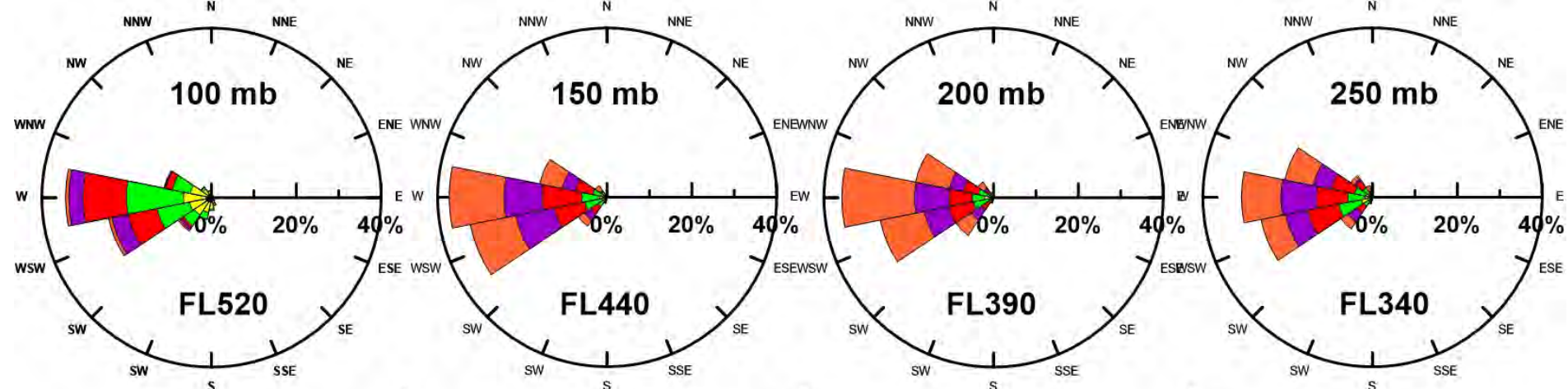
# MARZO 2005-2014



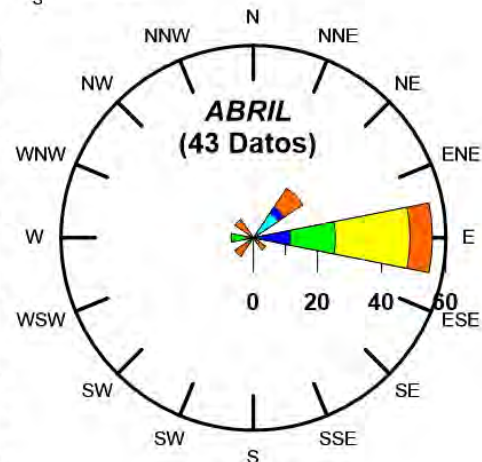
350mb	7.58
400mb	21.21
450mb	39.39
500mb	25.76



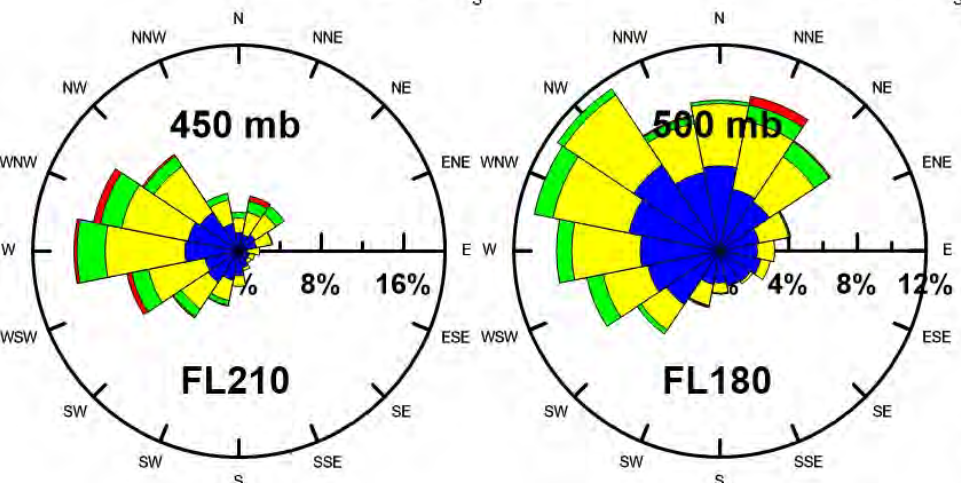
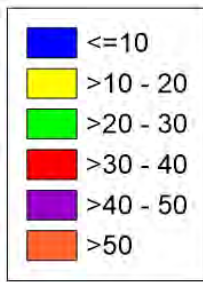
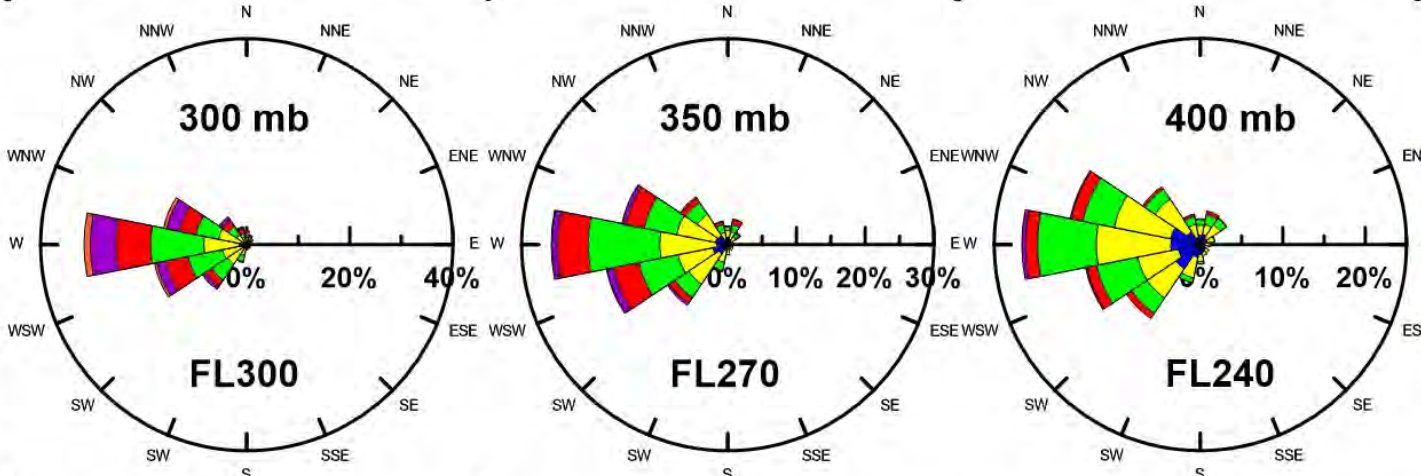
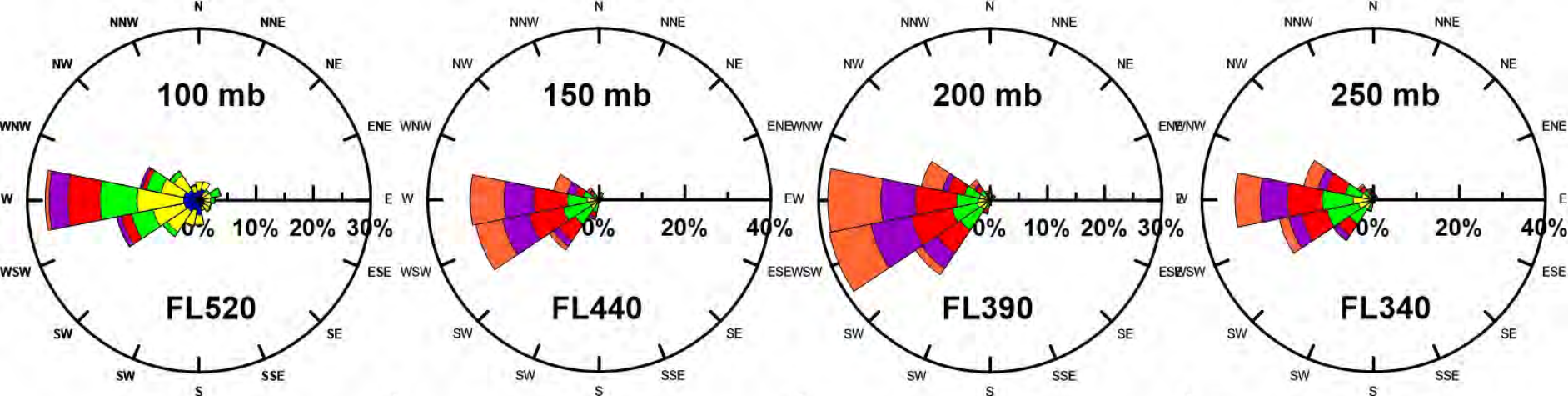
# ABRIL 2005-2014



300mb	11.63
350mb	11.63
400mb	20.93
450mb	27.91
500mb	25.58



# MAYO 2005-2014

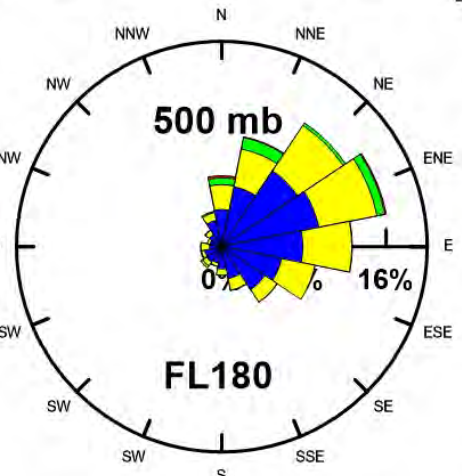
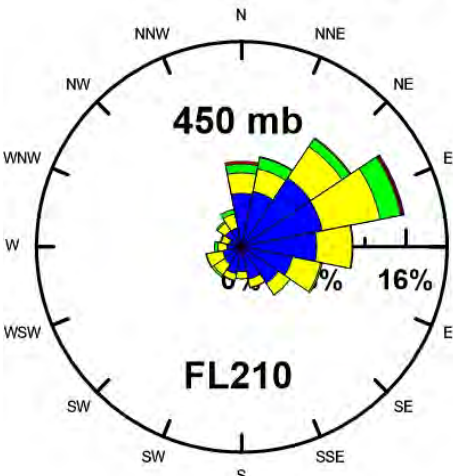
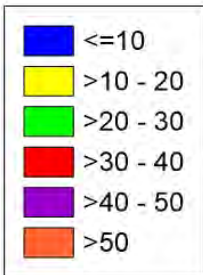
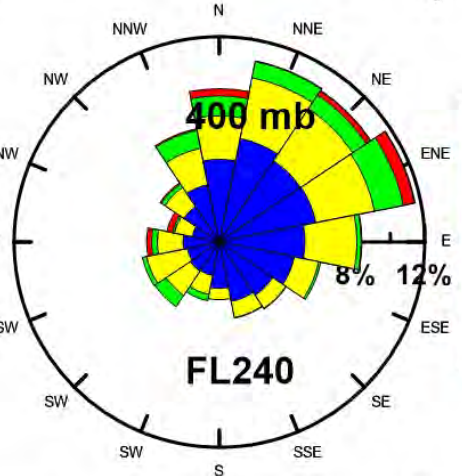
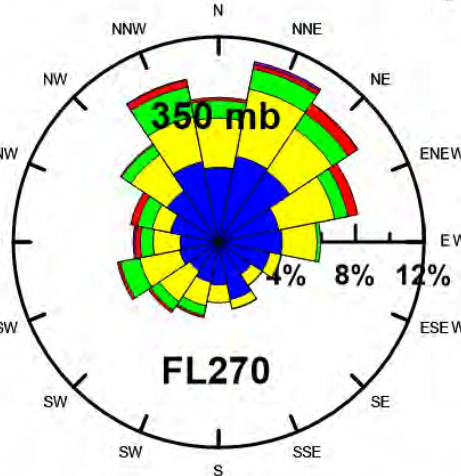
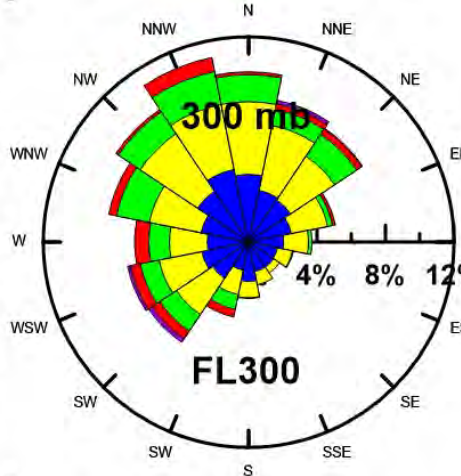
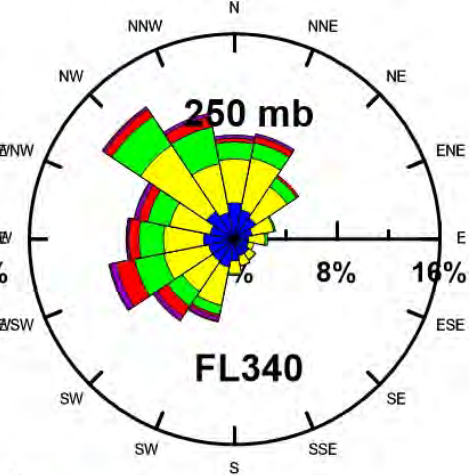
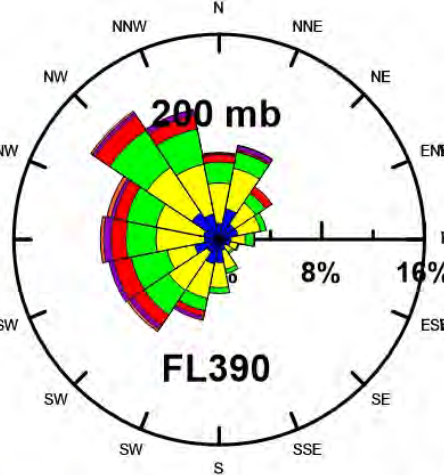
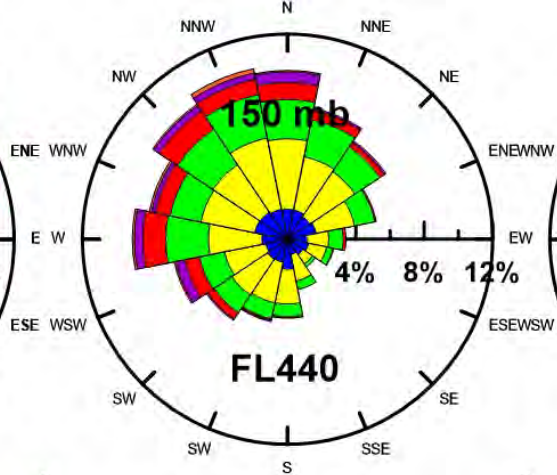
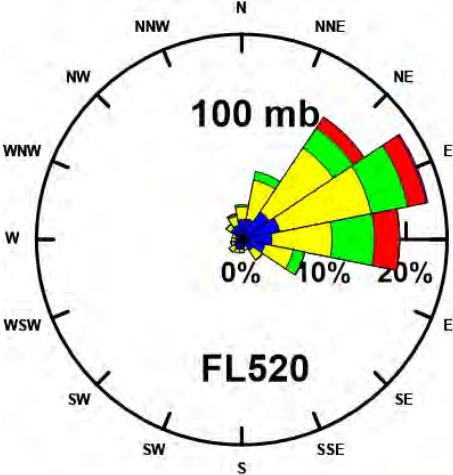


350mb	8.7
400mb	26.09
450mb	36.96
500mb	21.74

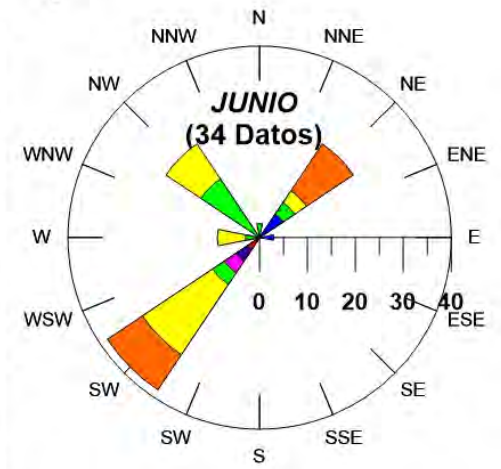




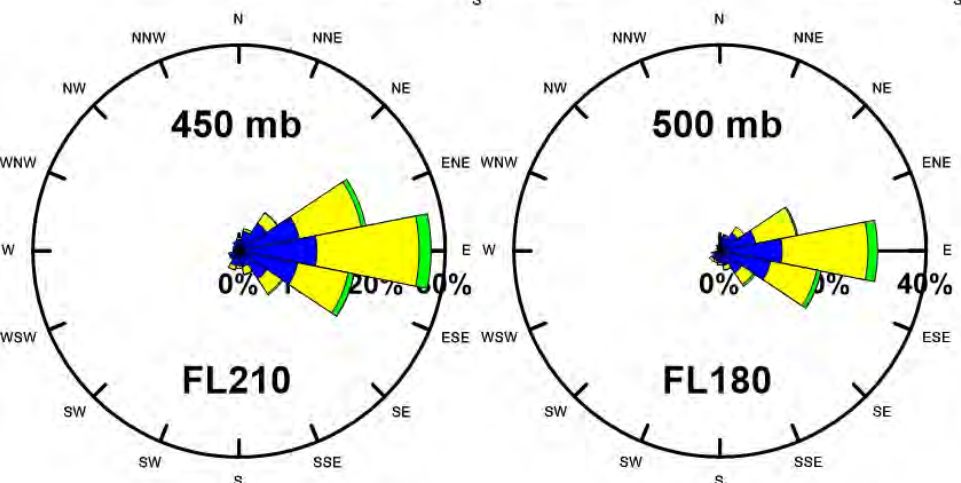
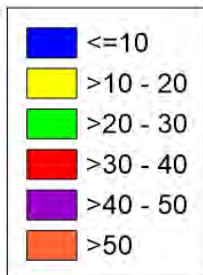
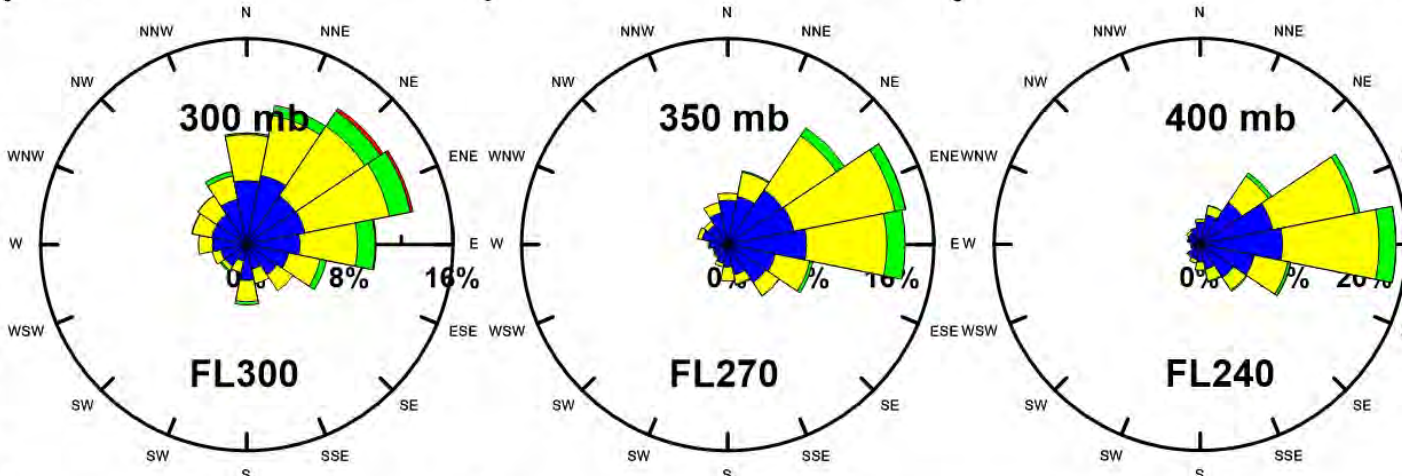
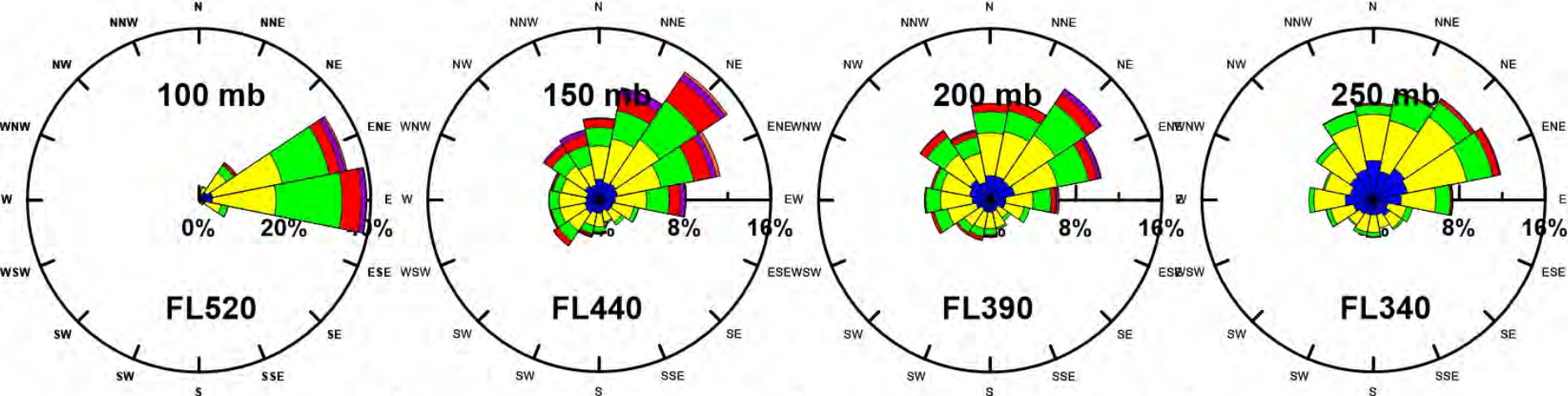
# JUNIO 2005-2014



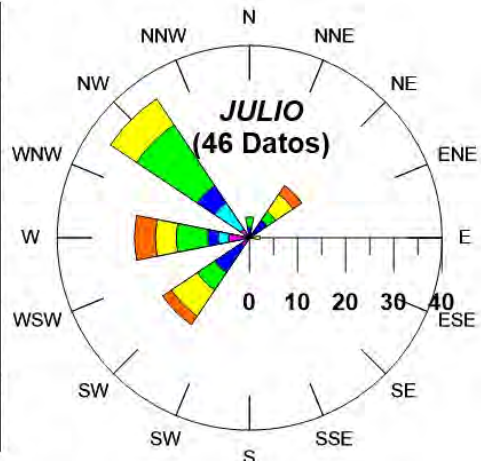
350mb	8.82
400mb	26.47
450mb	35.29
500mb	20.59



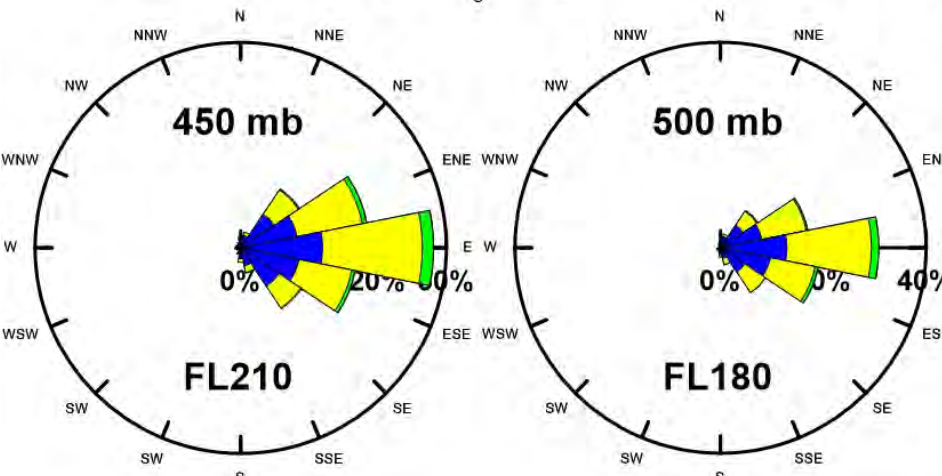
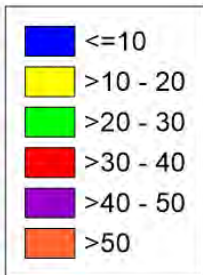
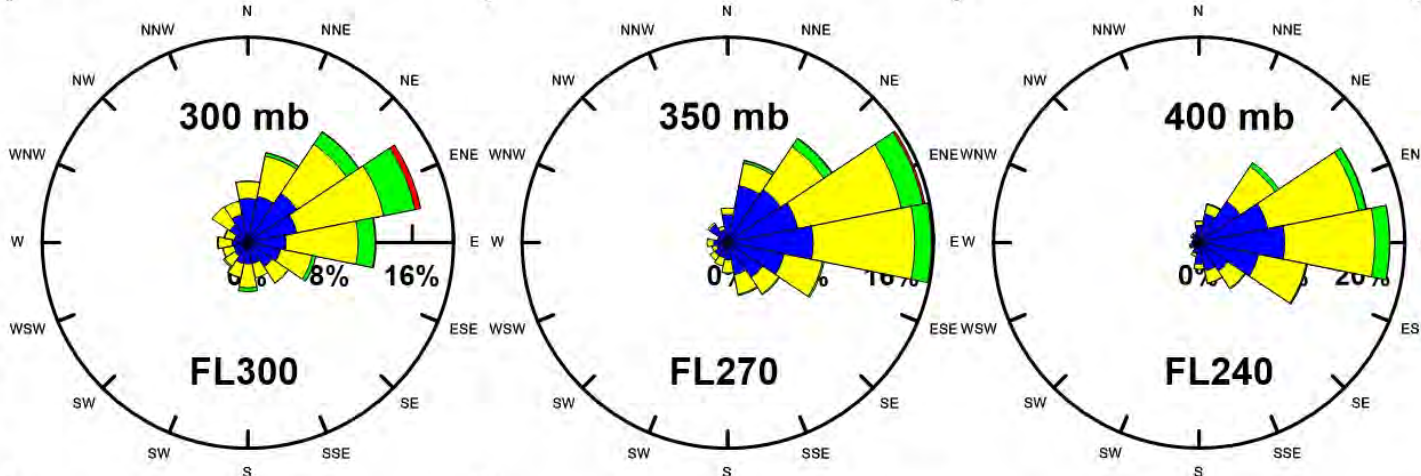
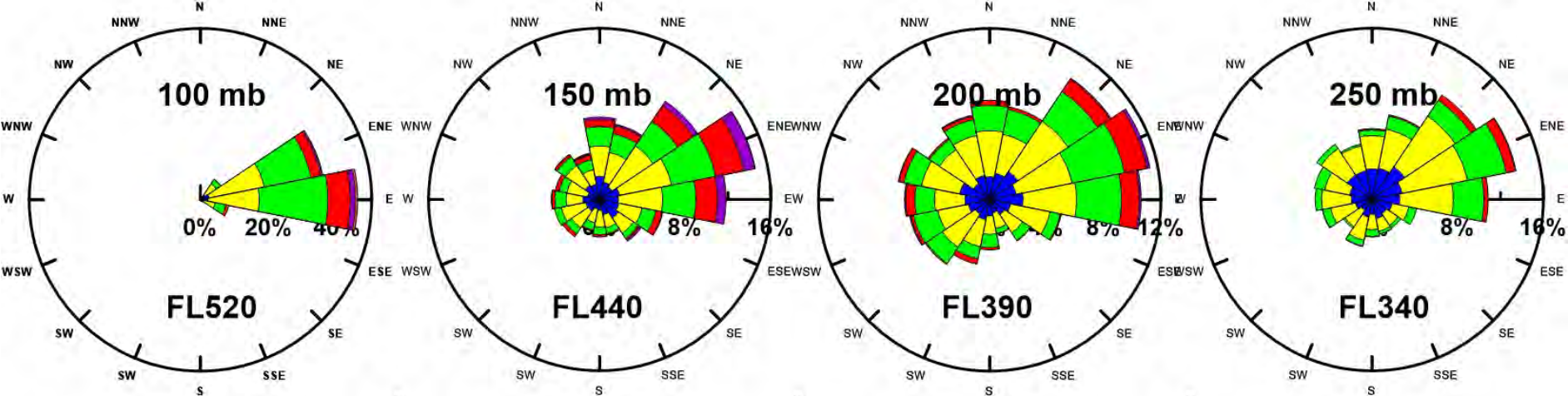
# JULIO 2005-2014



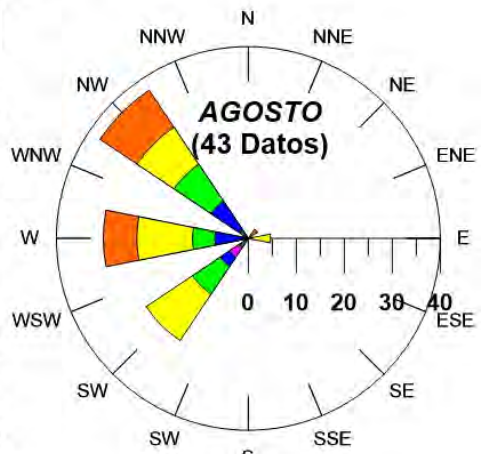
250mb	8.7
300mb	8.7
350mb	19.57
400mb	30.43
450mb	23.91
500mb	8.7



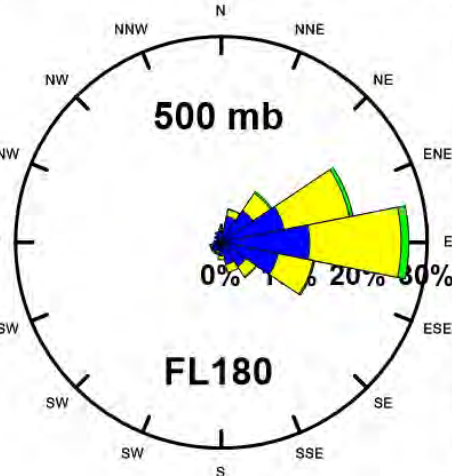
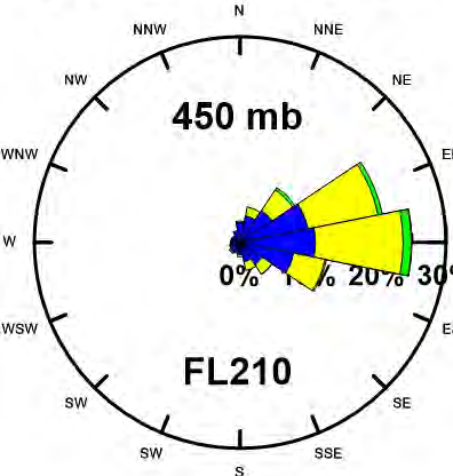
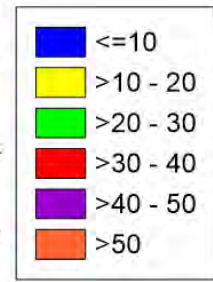
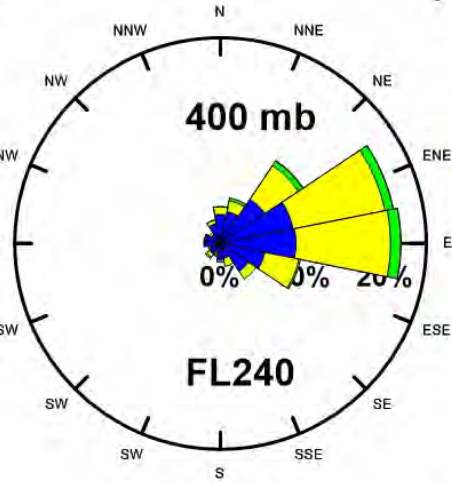
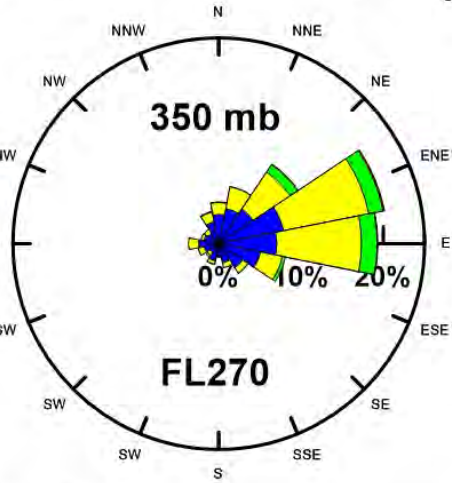
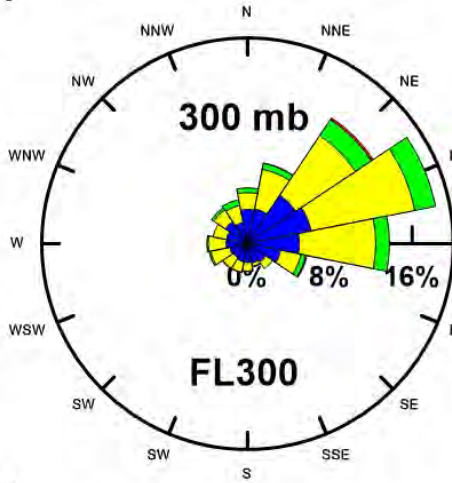
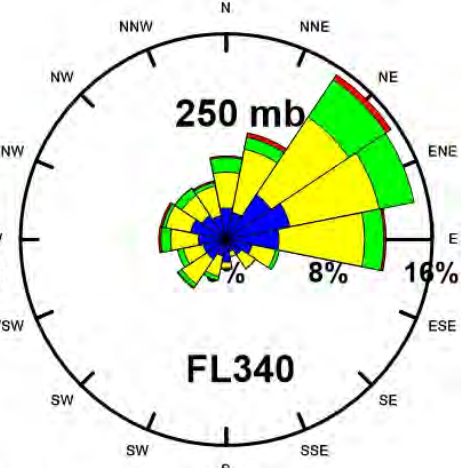
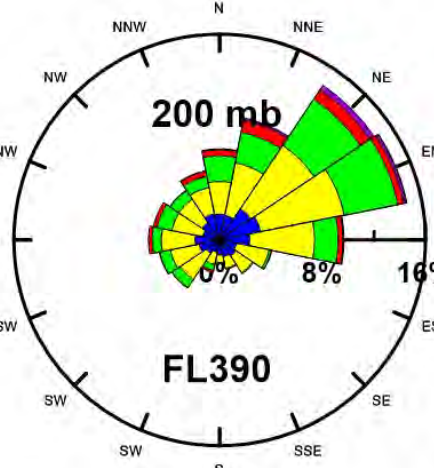
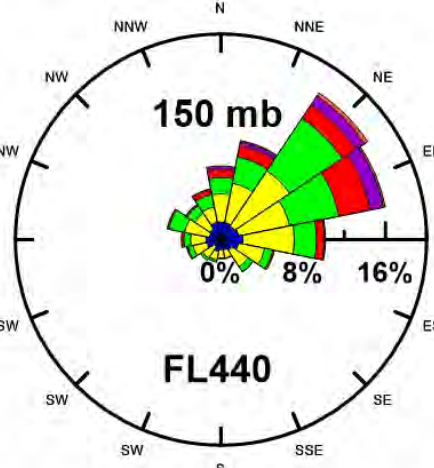
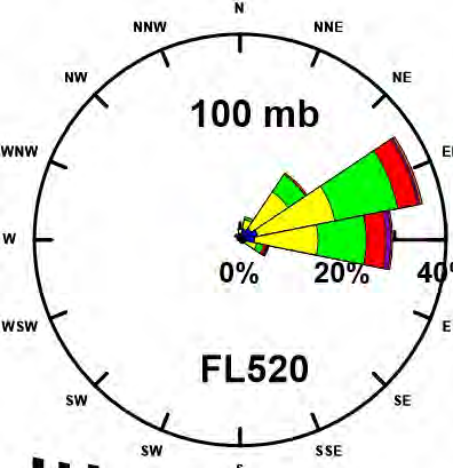
# AGOSTO 2005-2014



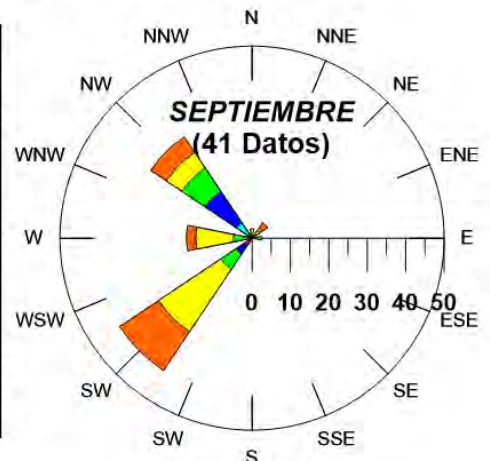
350mb	16.28
400mb	20.93
450mb	37.21
500mb	18.6



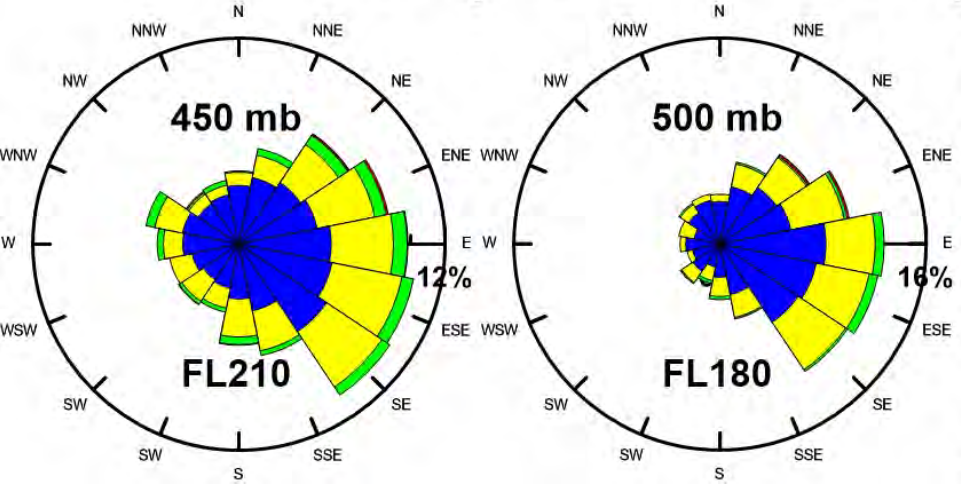
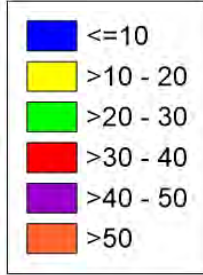
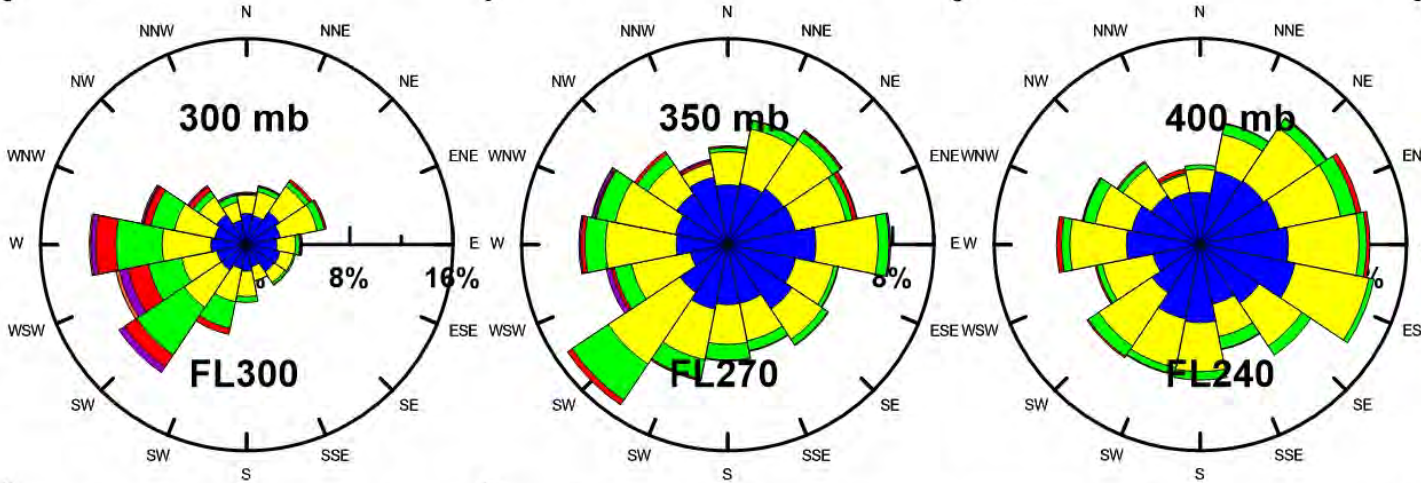
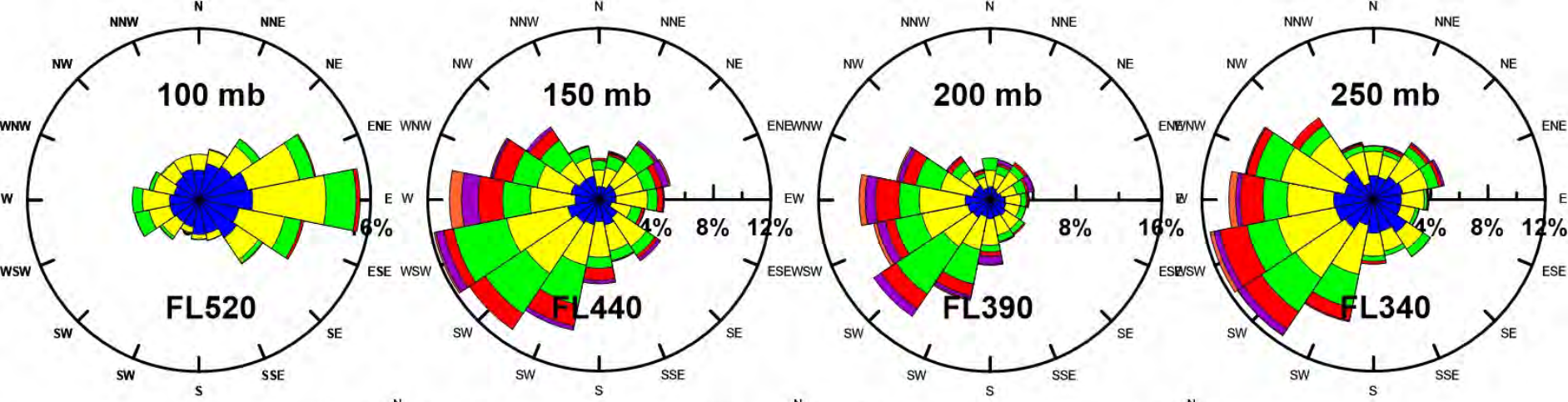
# SEPTIEMBRE 2005-2014



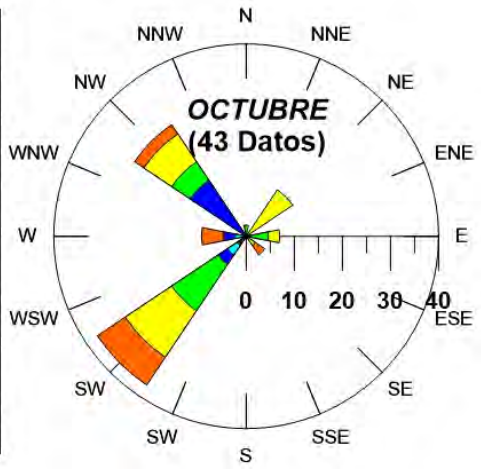
350mb	12.2
400mb	19.51
450mb	39.02
500mb	21.95



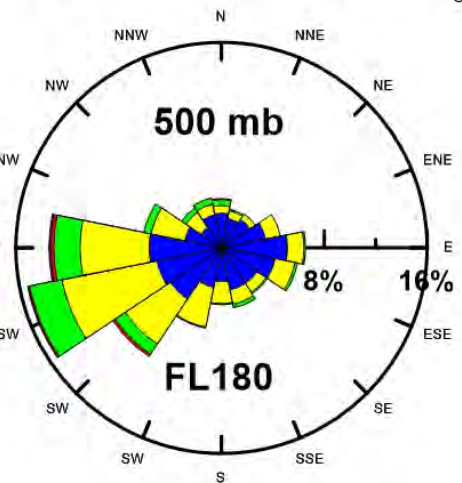
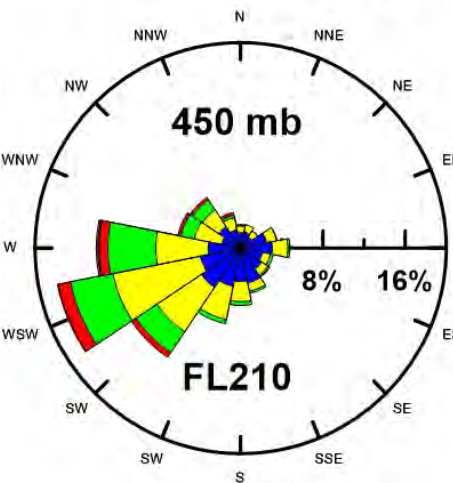
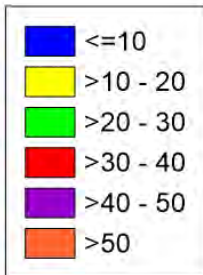
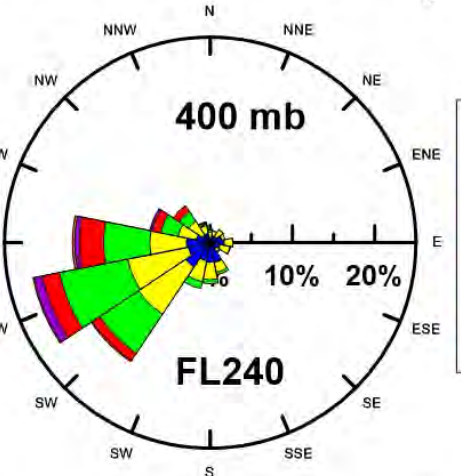
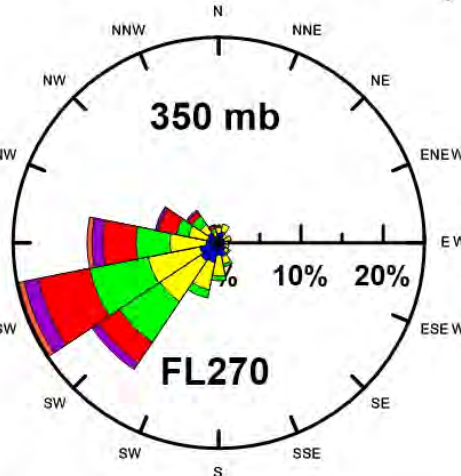
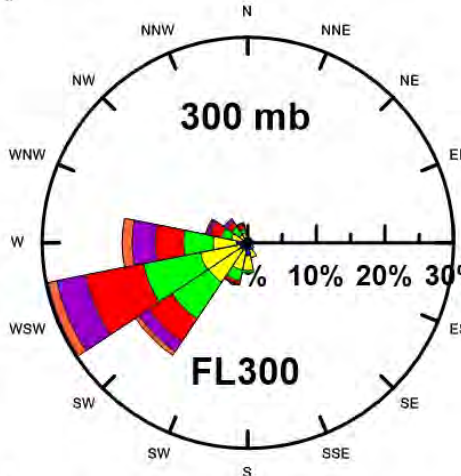
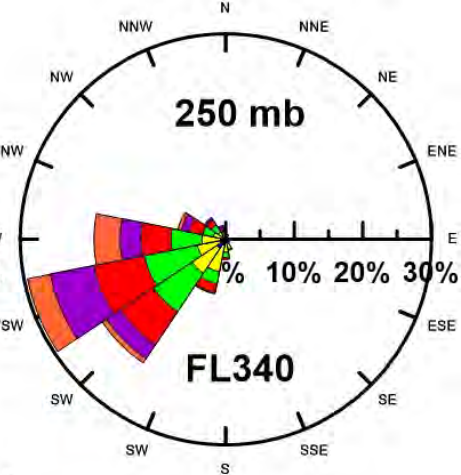
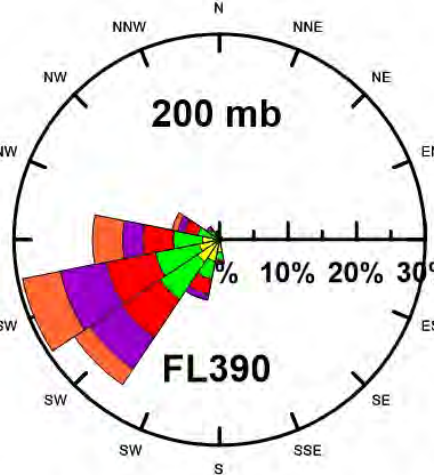
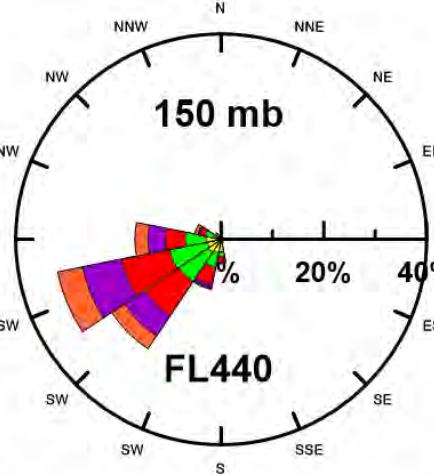
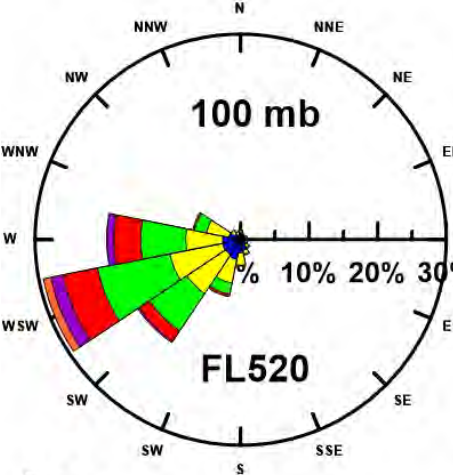
# OCTUBRE 2005-2014



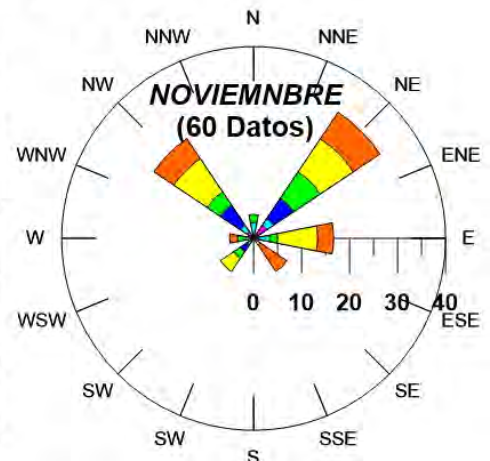
350mb	18.6
400mb	23.26
450mb	34.88
500mb	16.28



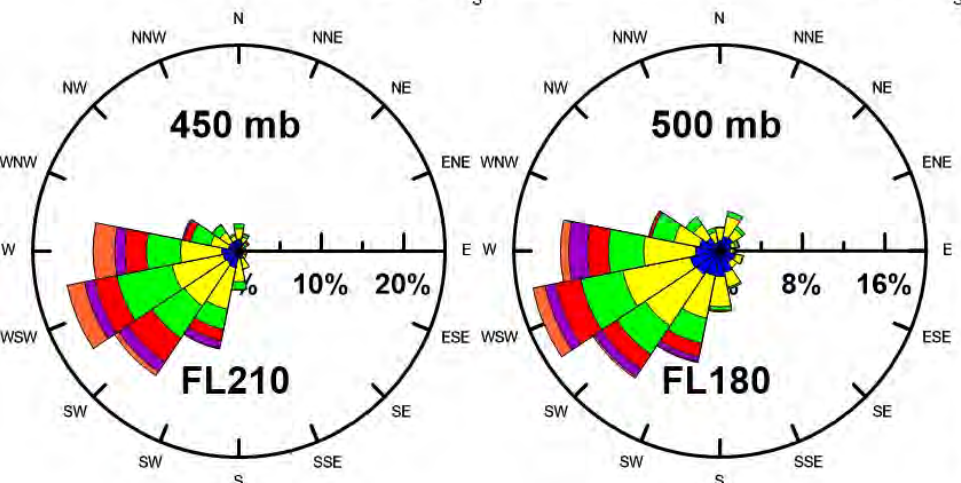
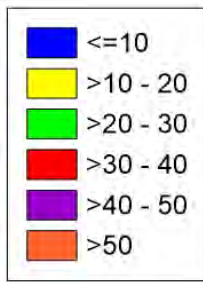
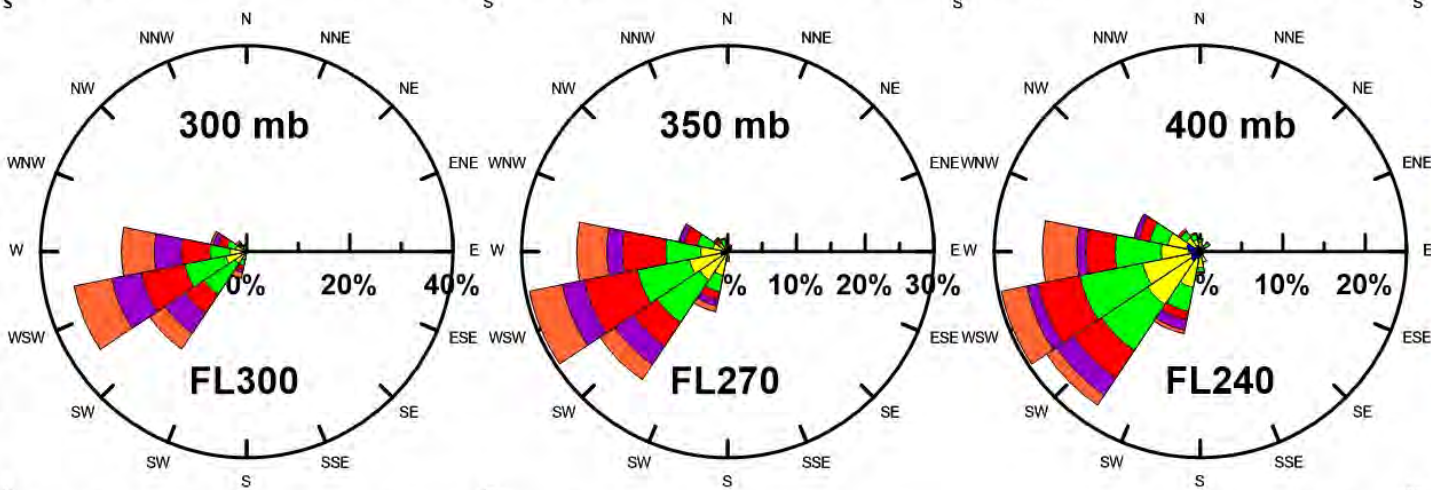
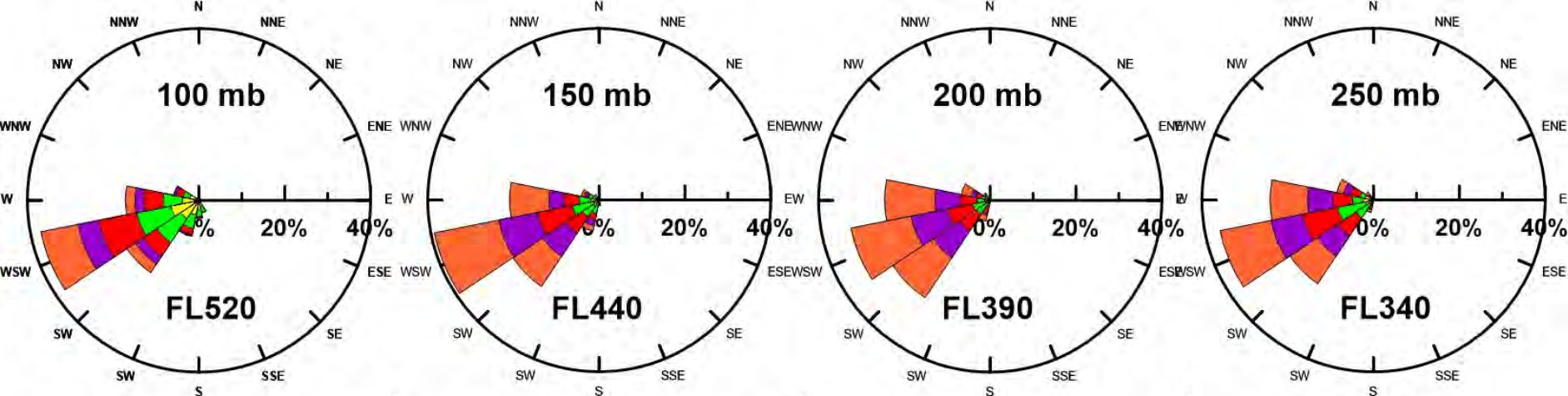
# NOVIEMBRE 2005-2014



300mb	13.33%
350mb	11.67%
400mb	16.67%
450mb	30%
500mb	23.33%



# FEBRERO 2005-2014



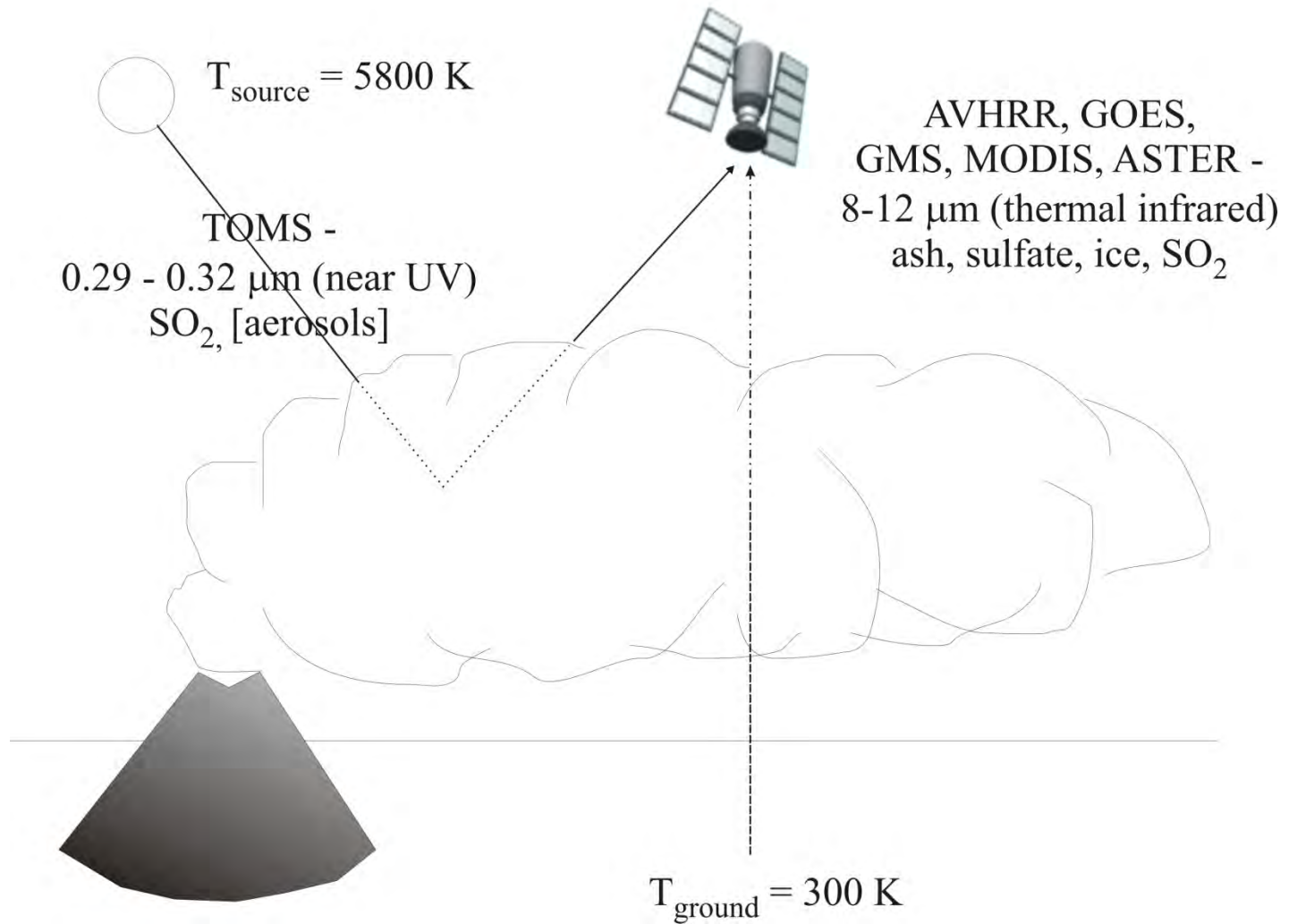
350mb	6.33
400mb	25.32
450mb	25.32
500mb	37.97



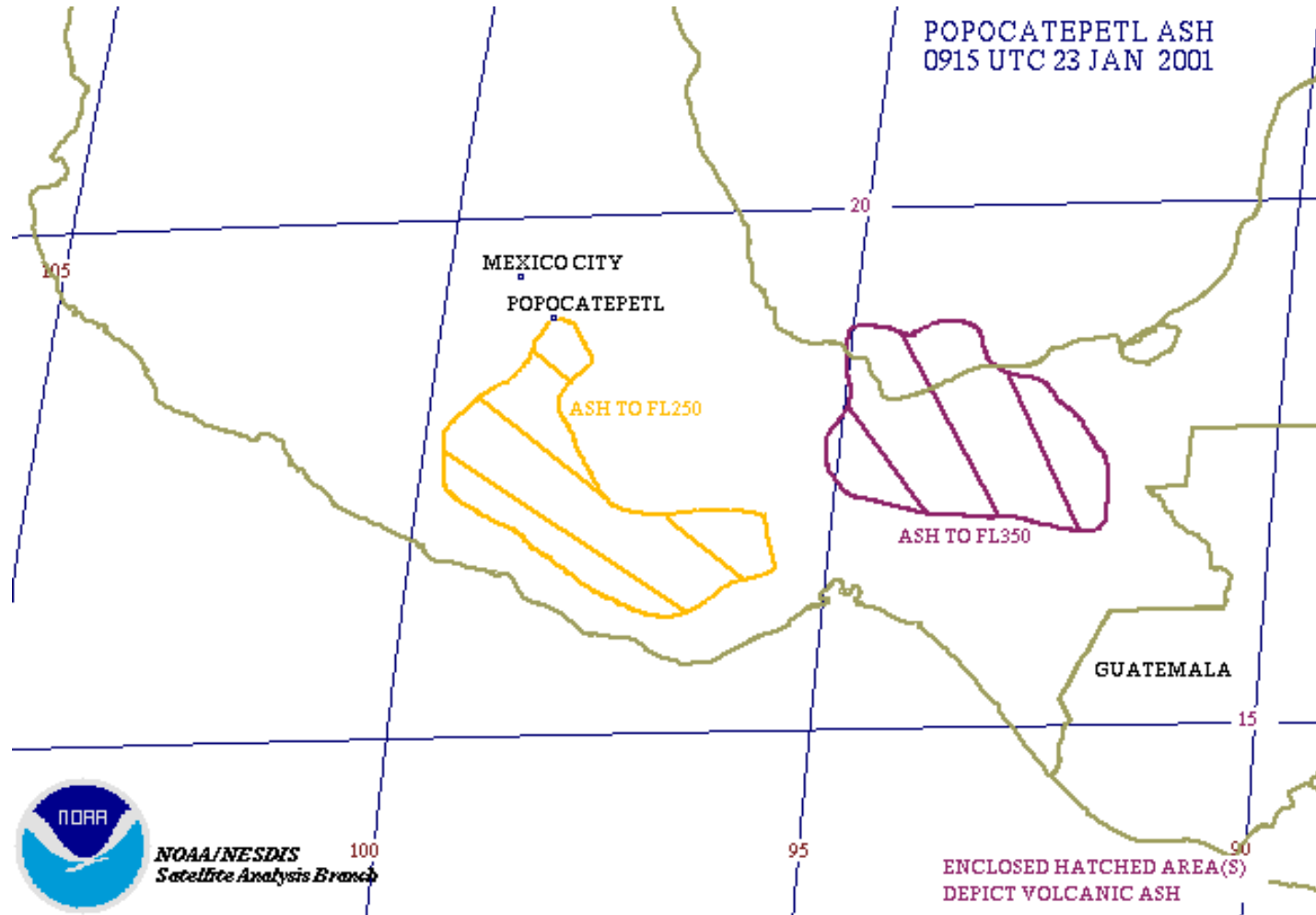
# Otras herramientas de apoyo para la validación de los MAPAS



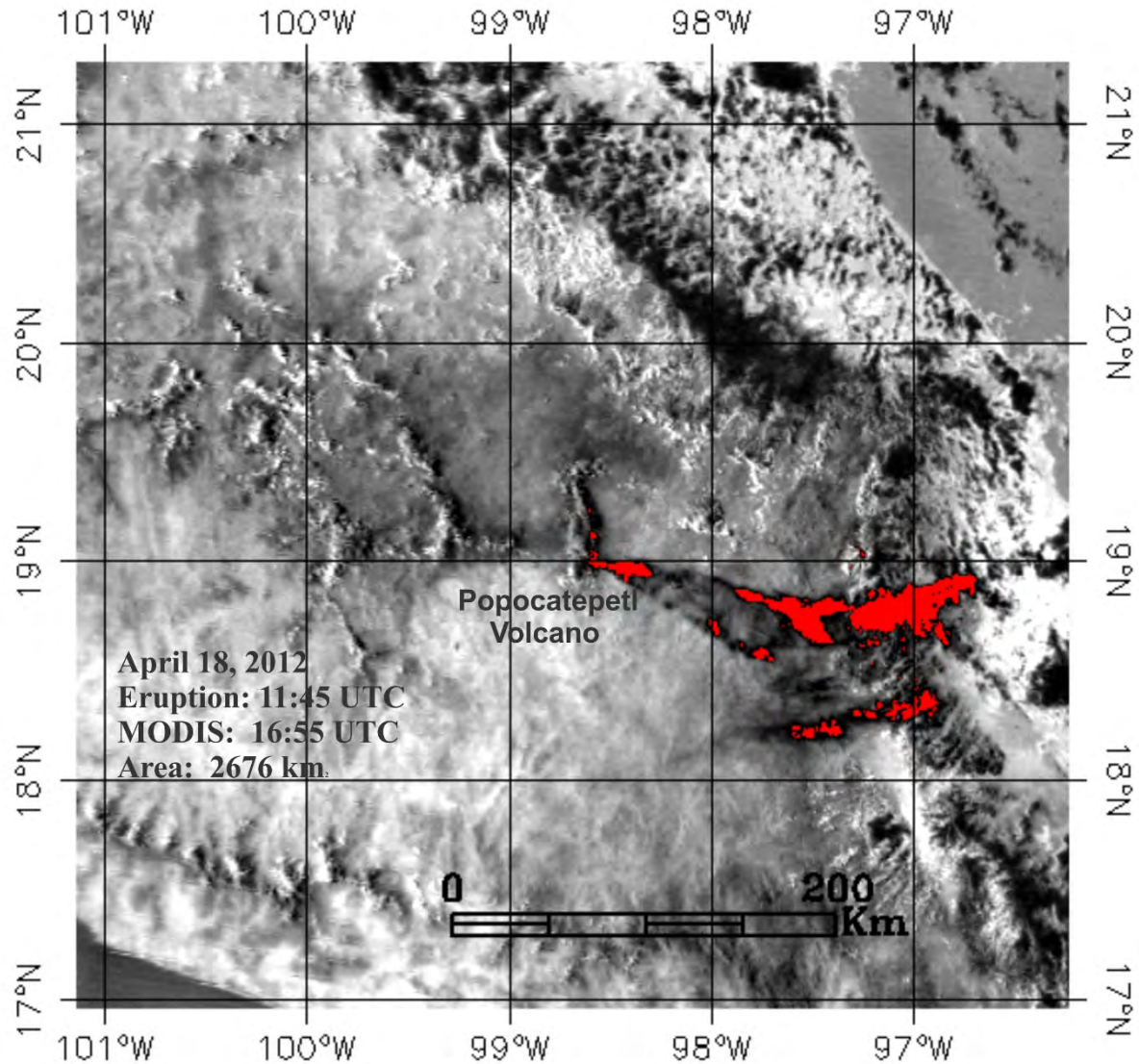
# *Imágenes satelitales*



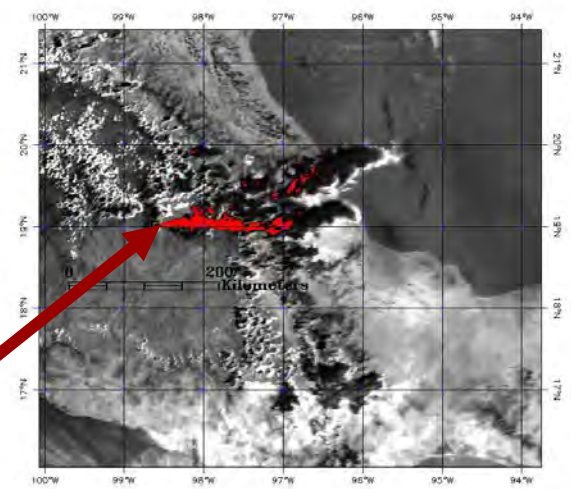
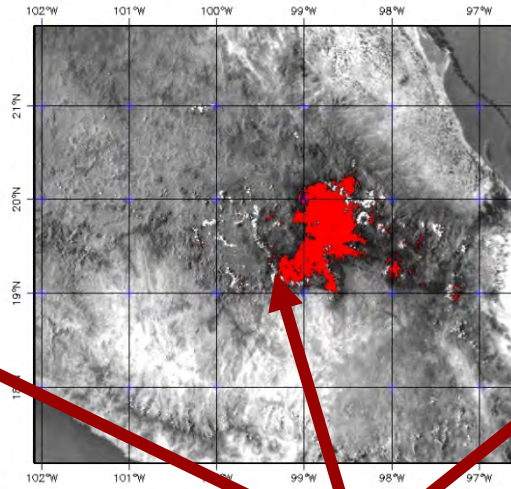
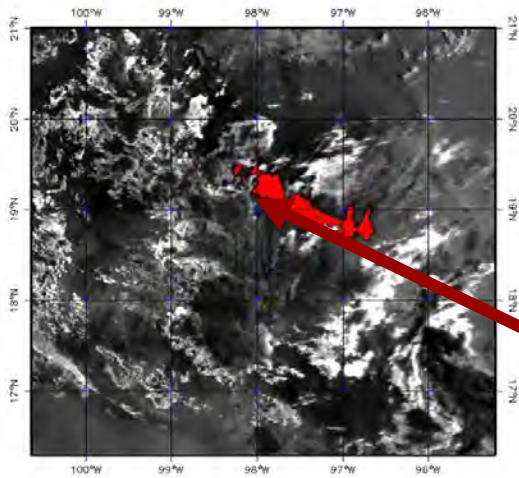
# Reportes emitidos por la Volcanic Ash Advisory Centres (VAAC)



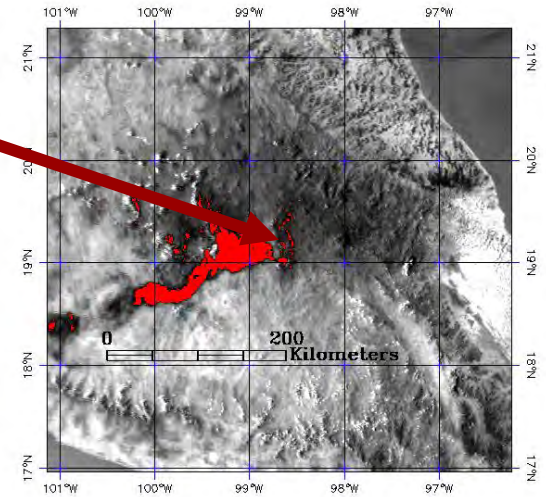
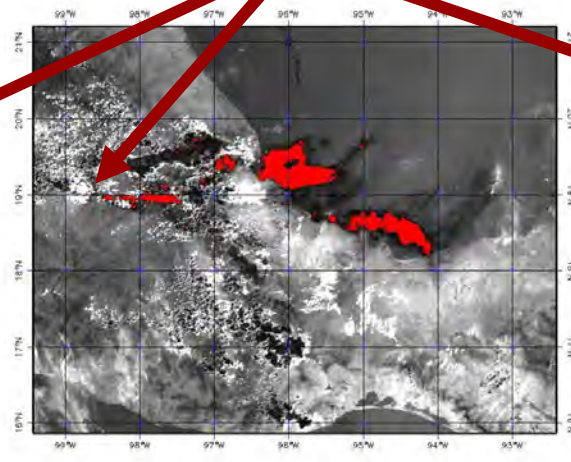
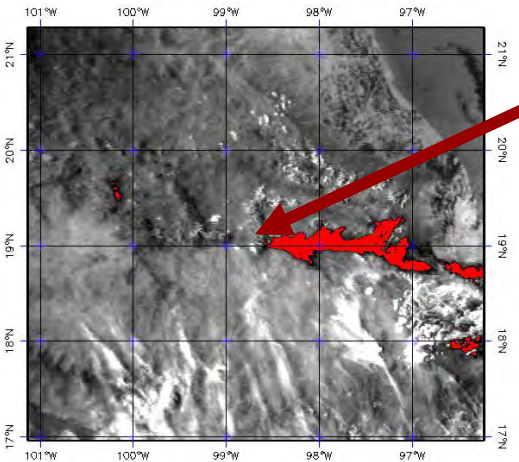
# Imagen MODIS resta de bandas: b31 - b32



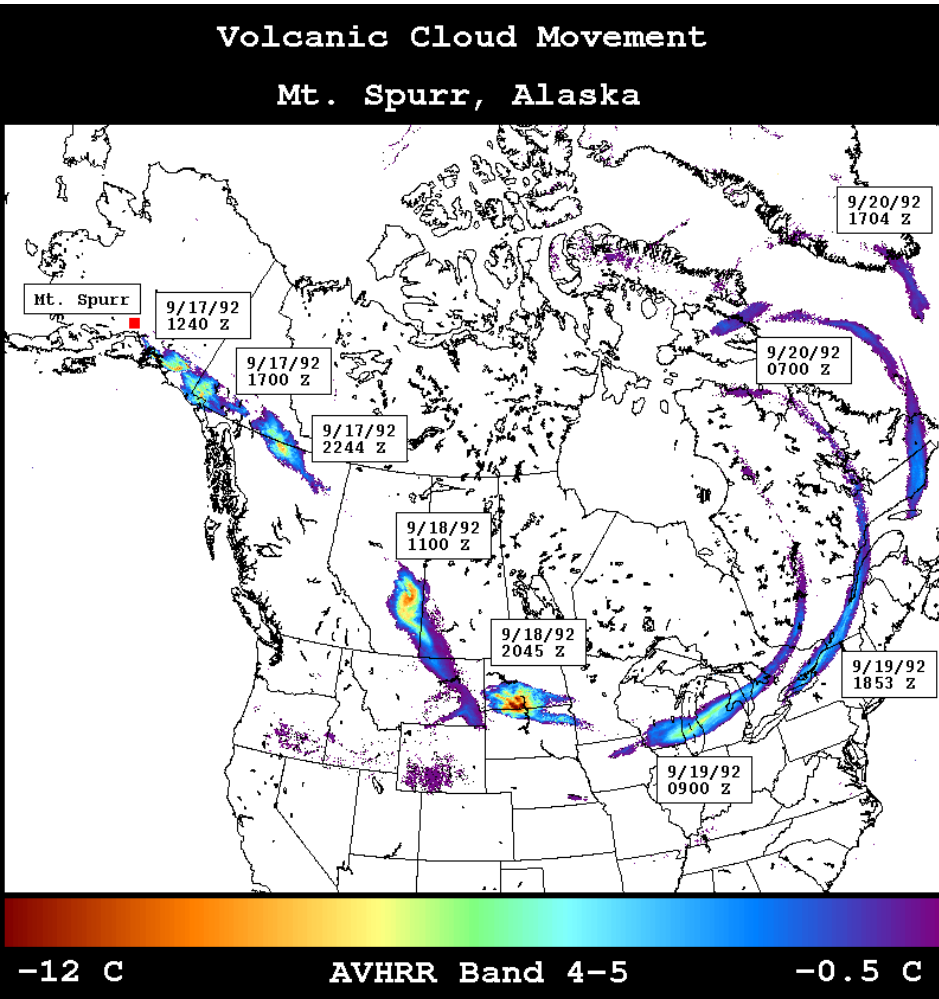
# Nubes de ceniza volcánica, abril 2012



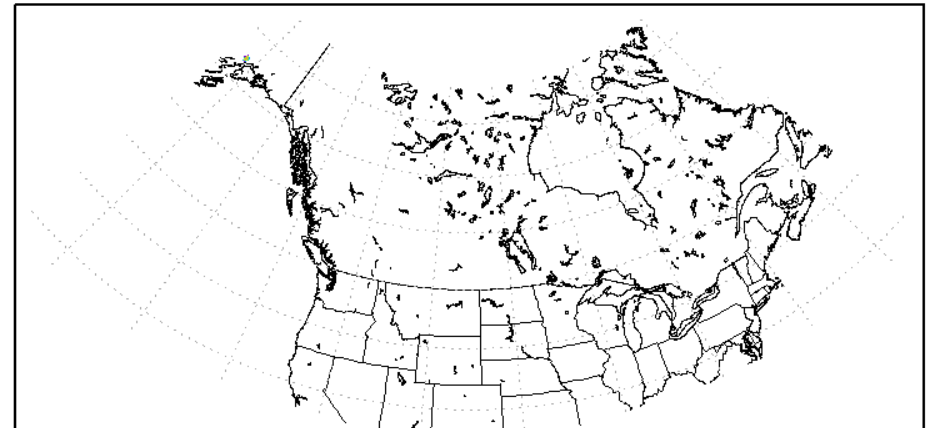
## Volcán Popocatépetl



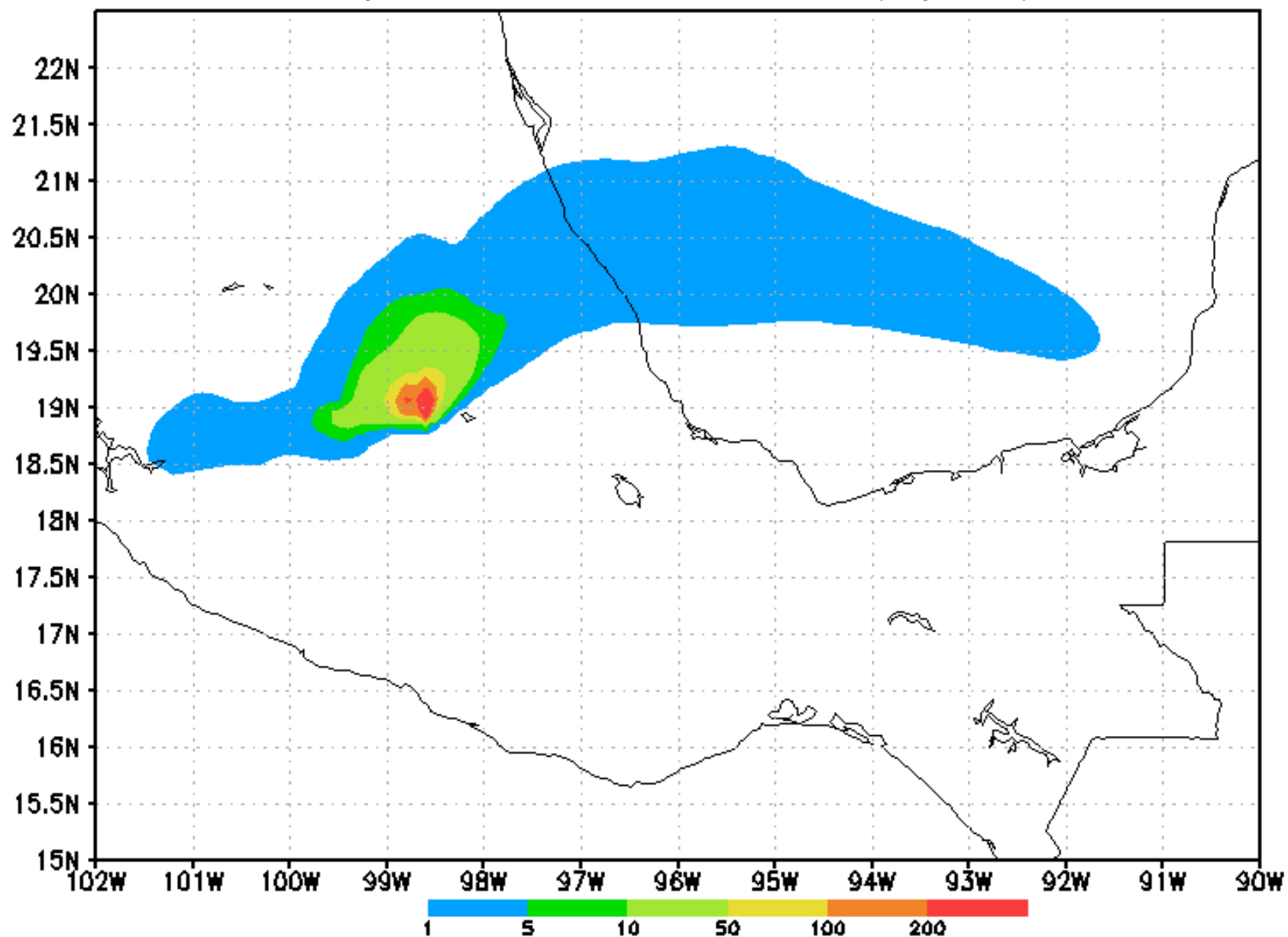
# Modelado matemático



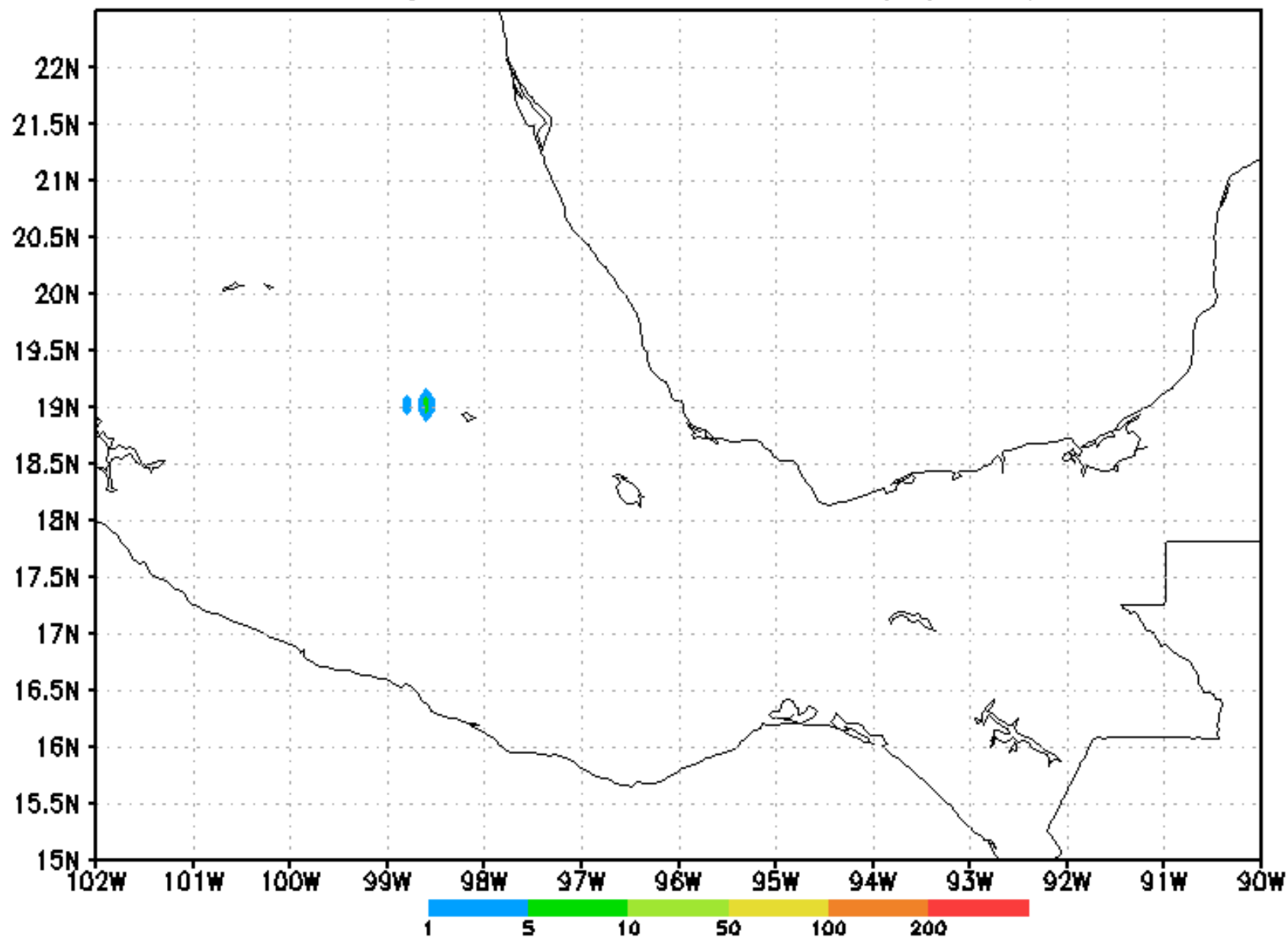
17sep1992 at 08:00 AOT at 0.5 micron (-)



FALL3D-6.2 ASH DISPERSION MODEL  
01jan2016 at 00:00 Col.mass (Tn/km<sup>2</sup>)



FALL3D-6.2 ASH DISPERSION MODEL  
14aug2015 at 00:00 Col.mass (Tn/km<sup>2</sup>)

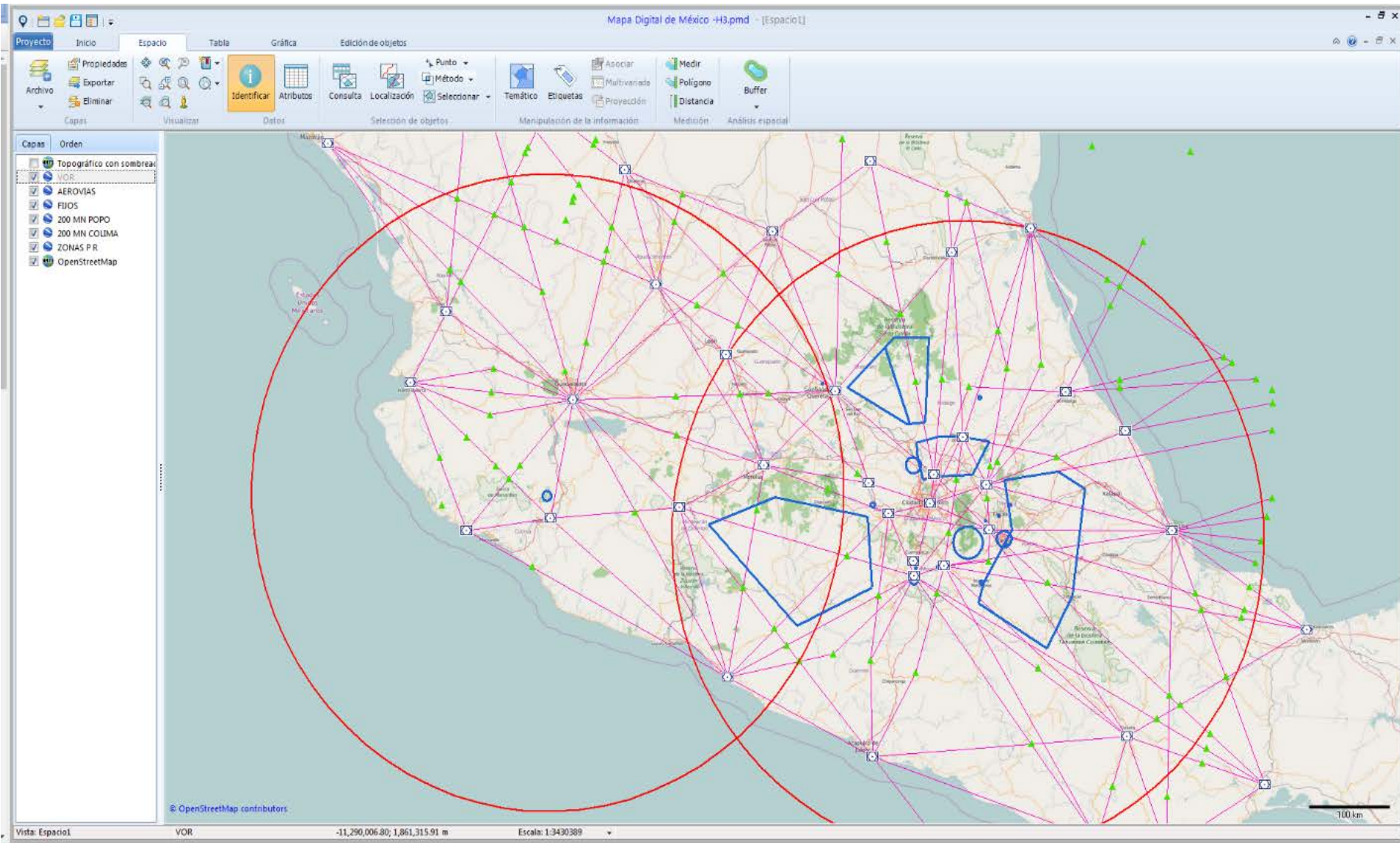


# Consideraciones a tomar en cuenta para la aviación

- Una aeronave comercial vuela alrededor de  $800\text{km/h} = 13.33\text{ Km/min}$
- Las aeronaves vuelan siguiendo rutas definidas en el plan de vuelo checando puntos de control a lo largo de la ruta.
- La nube volcánica es dispersada por el viento dominante en la altitud a la que se deposita lo cual depende de las características de la erupción.



# Aerovías en zonas de posible afectación volcánica



# Aeropuertos Internacionales

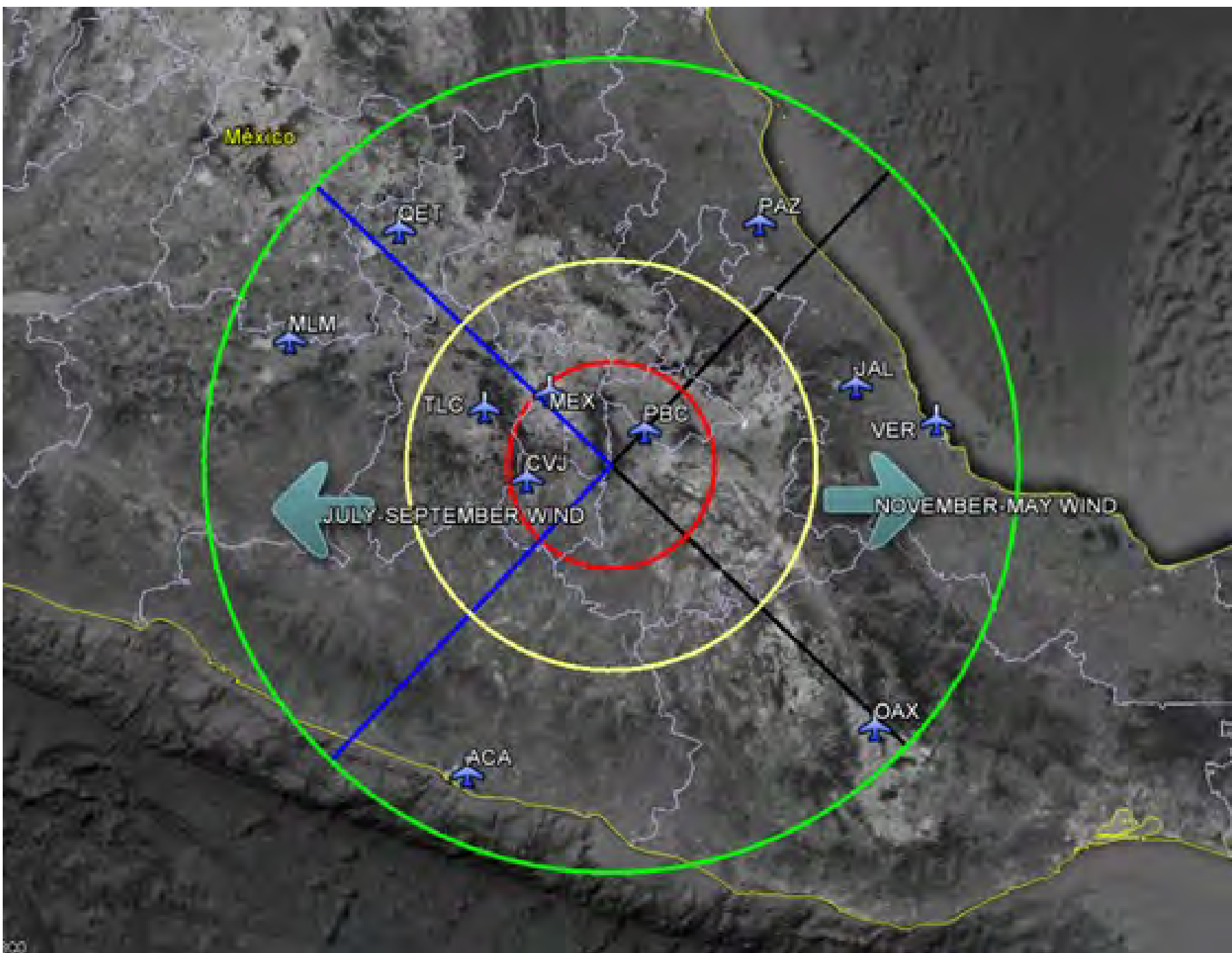
	Nombre	Ubicación	Código IATA	Código OACI
1.	Aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México o Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México	Ciudad de México	MEX	MMMX
2.	Aeropuerto Internacional Licenciado Adolfo López Mateos o Aeropuerto Internacional de Toluca	Estado de México	TLC	MMTO
3.	Aeropuerto Internacional de Ixtapa-Zihuatanejo	Guerrero	ZIH	MMZH
4.	Aeropuerto Internacional General Juan N. Álvarez o Aeropuerto Internacional de Acapulco	Guerrero	ACA	MMAA
5.	Aeropuerto Internacional General y Licenciado Ignacio López Rayón o Aeropuerto Internacional de Uruapan	Michoacán	UPN	MMPN
6.	Aeropuerto Internacional General Francisco Mujica o Aeropuerto Internacional de Morelia	Michoacán	MLM	MMMM
7.	Aeropuerto Internacional General Mariano Matamoros o Aeropuerto Internacional de Cuernavaca	Morelos	CVJ	MMCB
8.	Aeropuerto Internacional <u>Xoxocotlán</u> o Aeropuerto Internacional de Oaxaca	Oaxaca	OAX	MMOX
9.	Aeropuerto Internacional Hermanos Serdán o Aeropuerto Internacional de Puebla	Puebla	PBC	MMPB
10.	Aeropuerto Intercontinental de Querétaro	Querétaro	QRO	MMQT
11.	Aeropuerto Internacional General Heriberto Jara o Aeropuerto Internacional de Veracruz	Veracruz	VER	MMVR

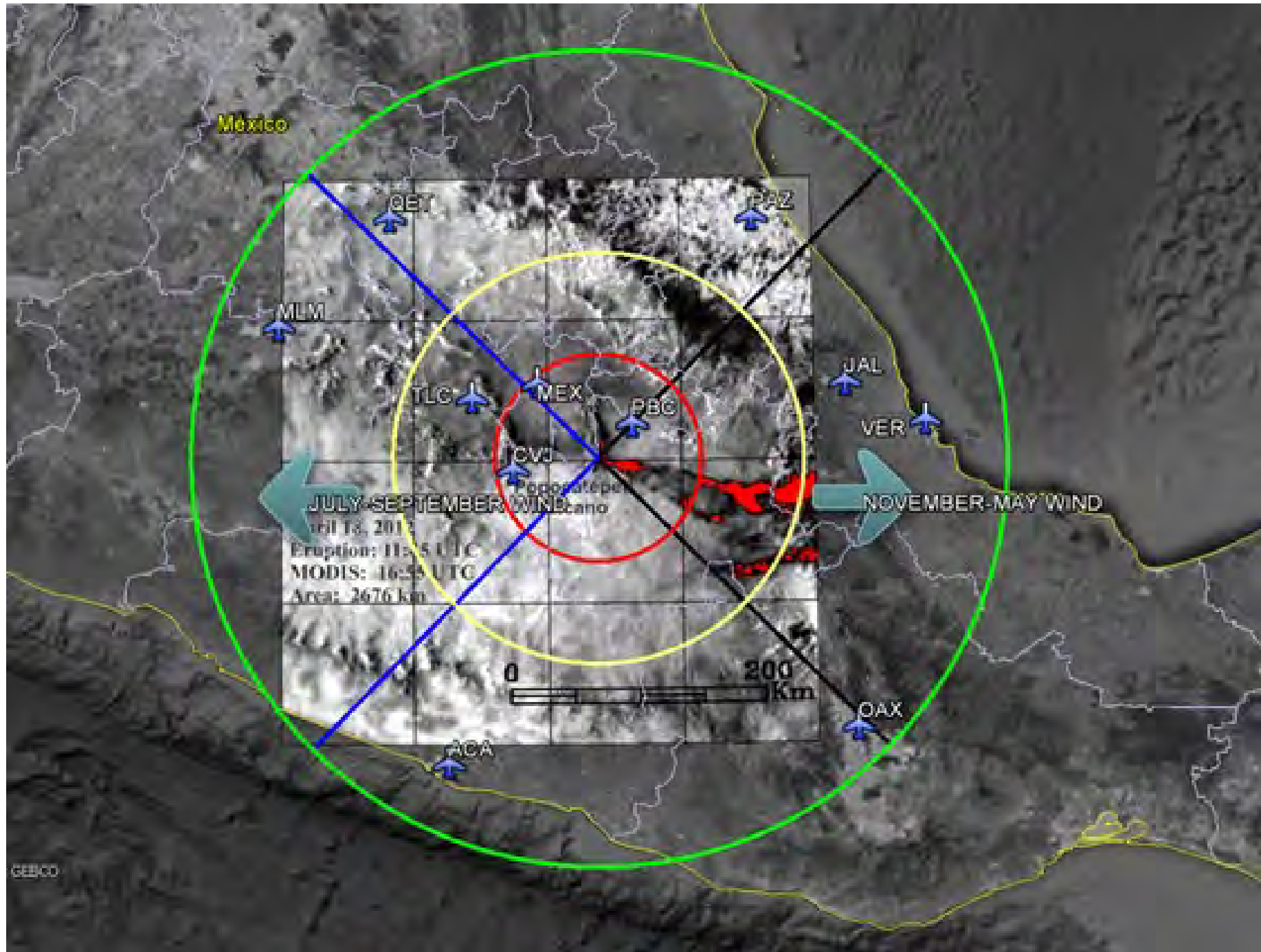
# Aeropuertos Nacionales

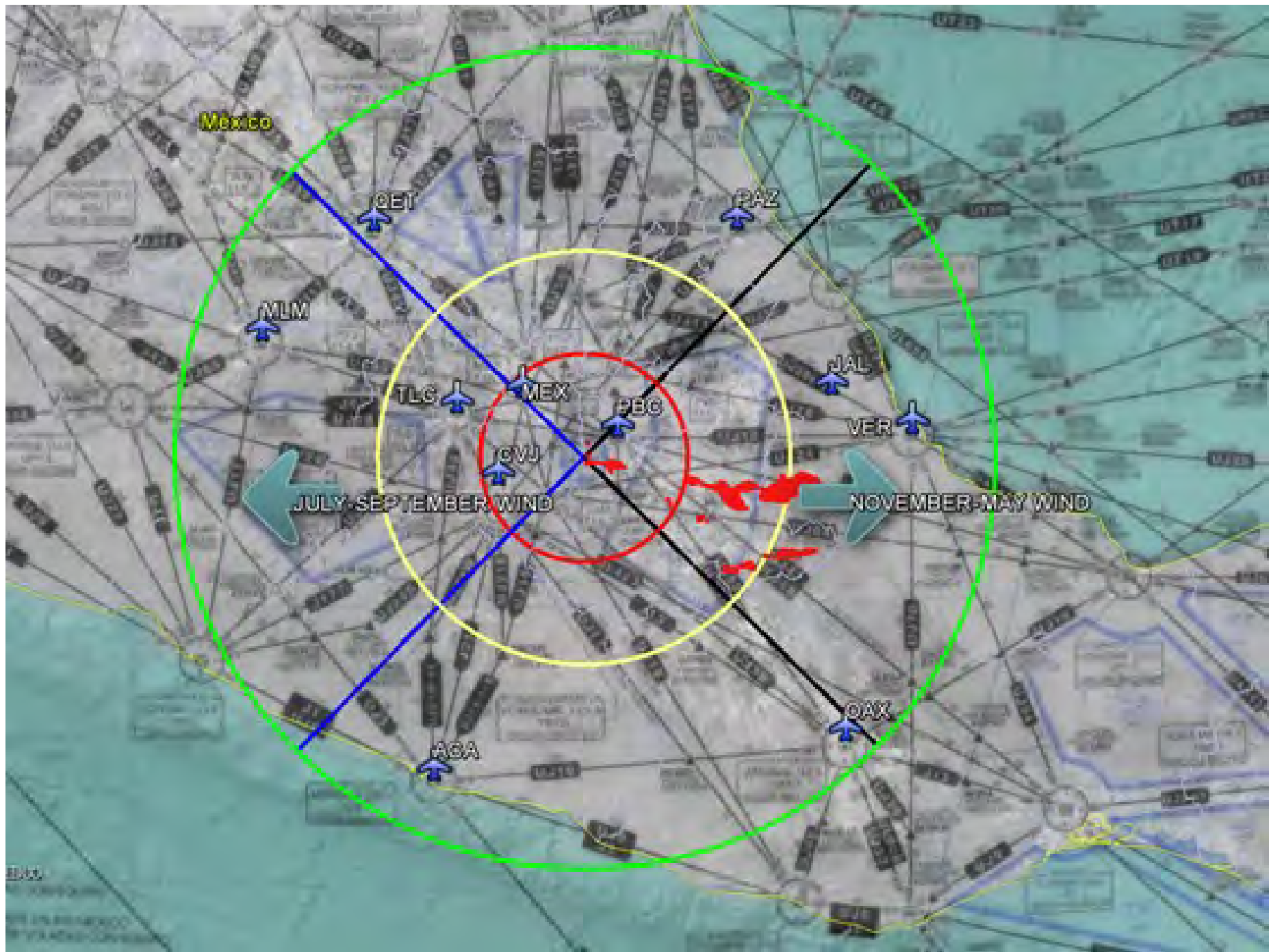
	Nombre	Ubicación	Código IATA	Código OACI
1.	Aeropuerto Nacional Jorge Jiménez Cantú o Aeropuerto de Atizapán	Estado de México	JJC	MMJC
2.	Aeropuerto Nacional Capitán Rogelio Castillo o Aeropuerto de Celaya	Guanajuato	CYW	MMCY
3.	Aeropuerto Ingeniero Juan Guillermo Villasana o Aeropuerto Nacional de Pachuca	Hidalgo	PCA	MMPC
4.	Aeropuerto Nacional de Tehuacán	Puebla	TCN	MMHC
5.	Aeropuerto Nacional de <u>Tamuín</u>	San Luis Potosí	TSL	MMTN
6.	Aeropuerto Nacional El Lencero o Aeropuerto Nacional de Xalapa	Veracruz	JAL	MMJA
7.	Aeropuerto Nacional El Tajín o Aeropuerto de Poza Rica	Veracruz	PAZ	MMPA

# Aeródromos

	Nombre	Ubicación	Identificador
1.	Aeropuerto de Guanajuato	Guanajuato	MMGT
2.	Aeródromo de San Miguel de Allende	Guanajuato	MX-0014
3.	Aeropuerto de Ixmiquilpan	Hidalgo	MM61
4.	Aeropuerto de Tizayuca	Hidalgo	MM28
5.	Aeropuerto de <u>Jaujilla</u> (Zacapu)	Michoacán	MM47
6.	Base Aérea de Santa Lucía	Estado de México	MMSM
7.	Aeropuerto de Tlaxcala	Tlaxcala	MMTA
8.	Aeropuerto de <u>Huetamo</u>	Michoacán	MM73
9.	Aeropuerto Regional de Santa Bárbara	Guerrero	MM35
10.	León González Pie de la Cuesta	Guerrero	MM41
11.	Aeropuerto de Chilpancingo	Guerrero	MMCH
12.	Aeropuerto Talo de Soto	Guerrero	MM29
13.	Campo aéreo Santa Cruz	Guerrero	MX-0040
14.	Aeropuerto Pinotepa Nacional	Oaxaca	MX-PNO
15.	Aeropuerto de Córdoba	Veracruz	MM20
16.	Aeropuerto Fausto Vega Santander	Veracruz	MM31







# Gracias por su atención!!!

jjimeneze@ipn.mx  
jjimeneze71@gmail.com

SEPI/ ESIME-Ticomán. IPN

