

HERRAMIENTAS PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO EN LA AVIACIÓN POR ERUPCIONES VOLCANICAS



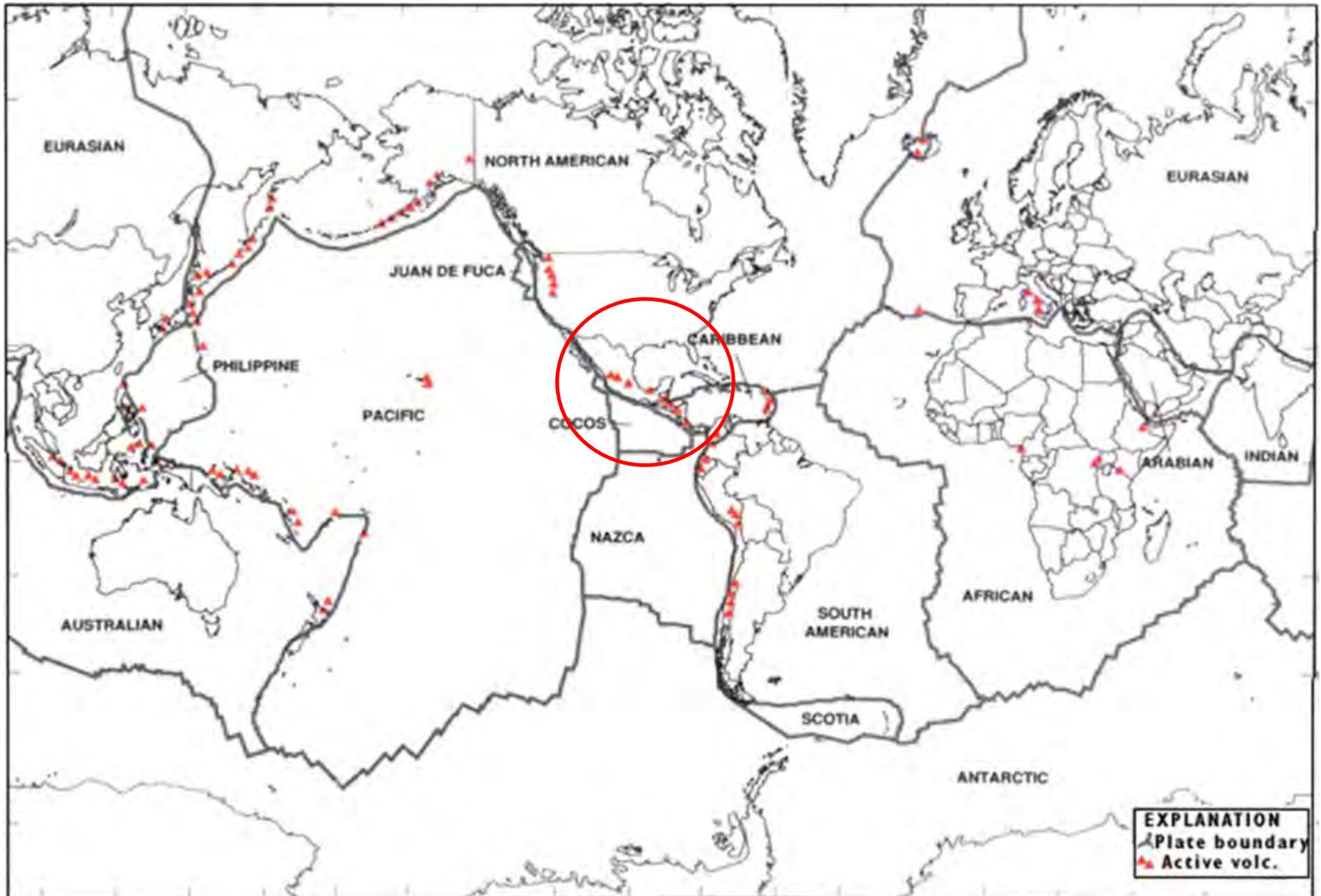
José Carlos Jiménez Escalona

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica U. Ticomán
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación

Algunos datos importantes

- Existen a nivel mundial más de 1, 300 volcanes activos.
- Se presentan alrededor de 60 erupciones explosiva al año.
- 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.
- Número estimado de días por año que la ceniza volcánica es> 30.000 pies y en las rutas aéreas: 25 a 30
- De 1973 a 2003, se documentaron 101 encuentros de aeronaves con cenizas volcánicas (Guffanti et al., 2005).
- Mediciones mediante PR en los volcanes mas activos.

Volcanes activos en el Mundo (> 500)

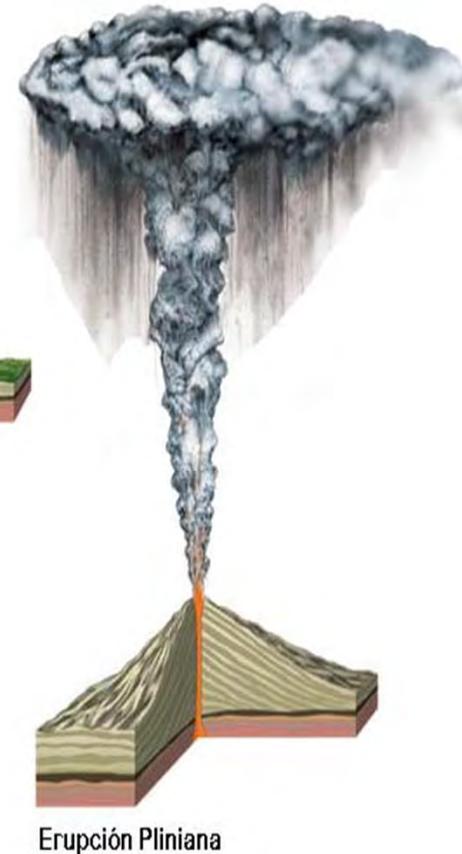
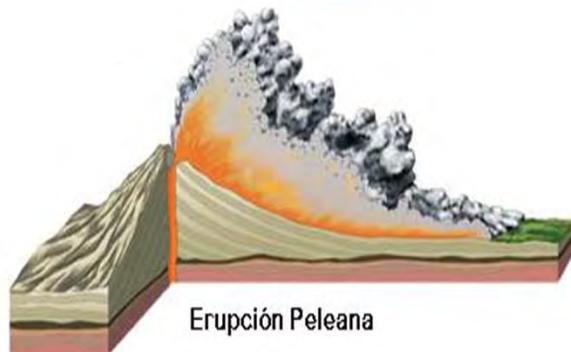
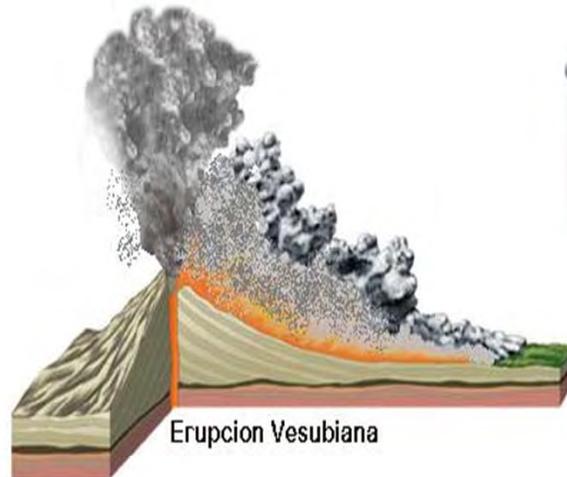
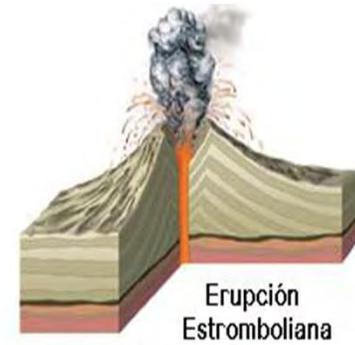
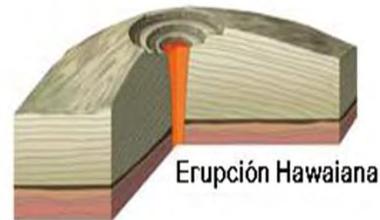
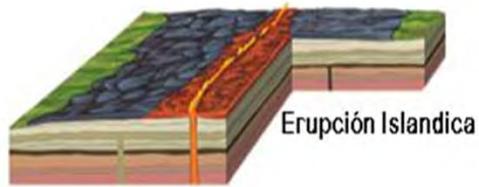


¿Qué es un Volcán?

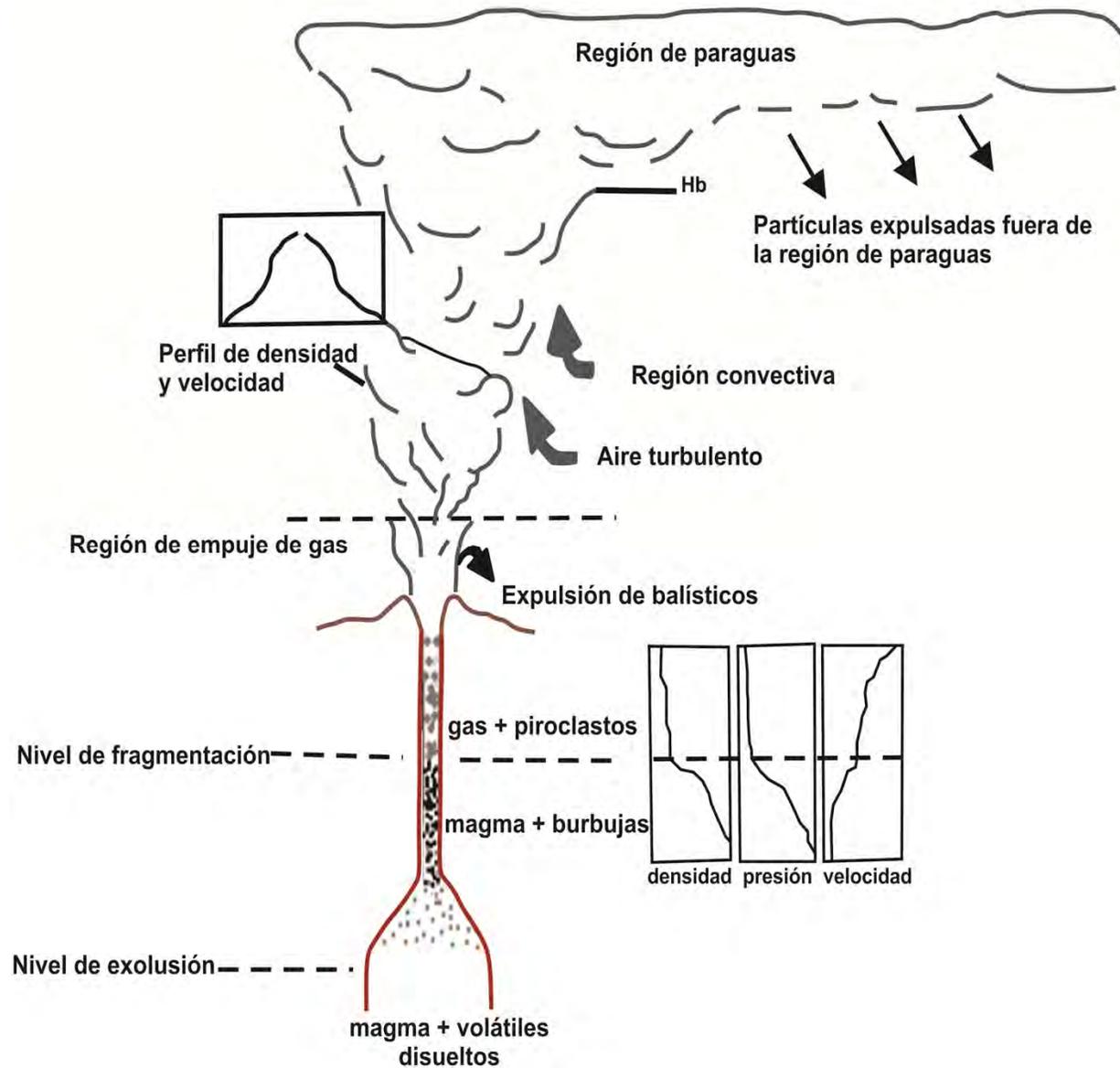
Un volcán activo constituye una fuente muy importante de emisión a la atmósfera de múltiples especies gaseosas y partículas sólidas que son transportadas por efecto de los vientos dominantes



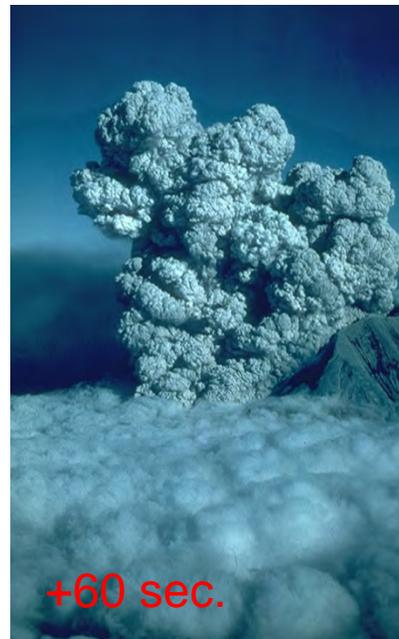
Tipos de Erupción Volcánica



Secciones de una Columna Eruptiva



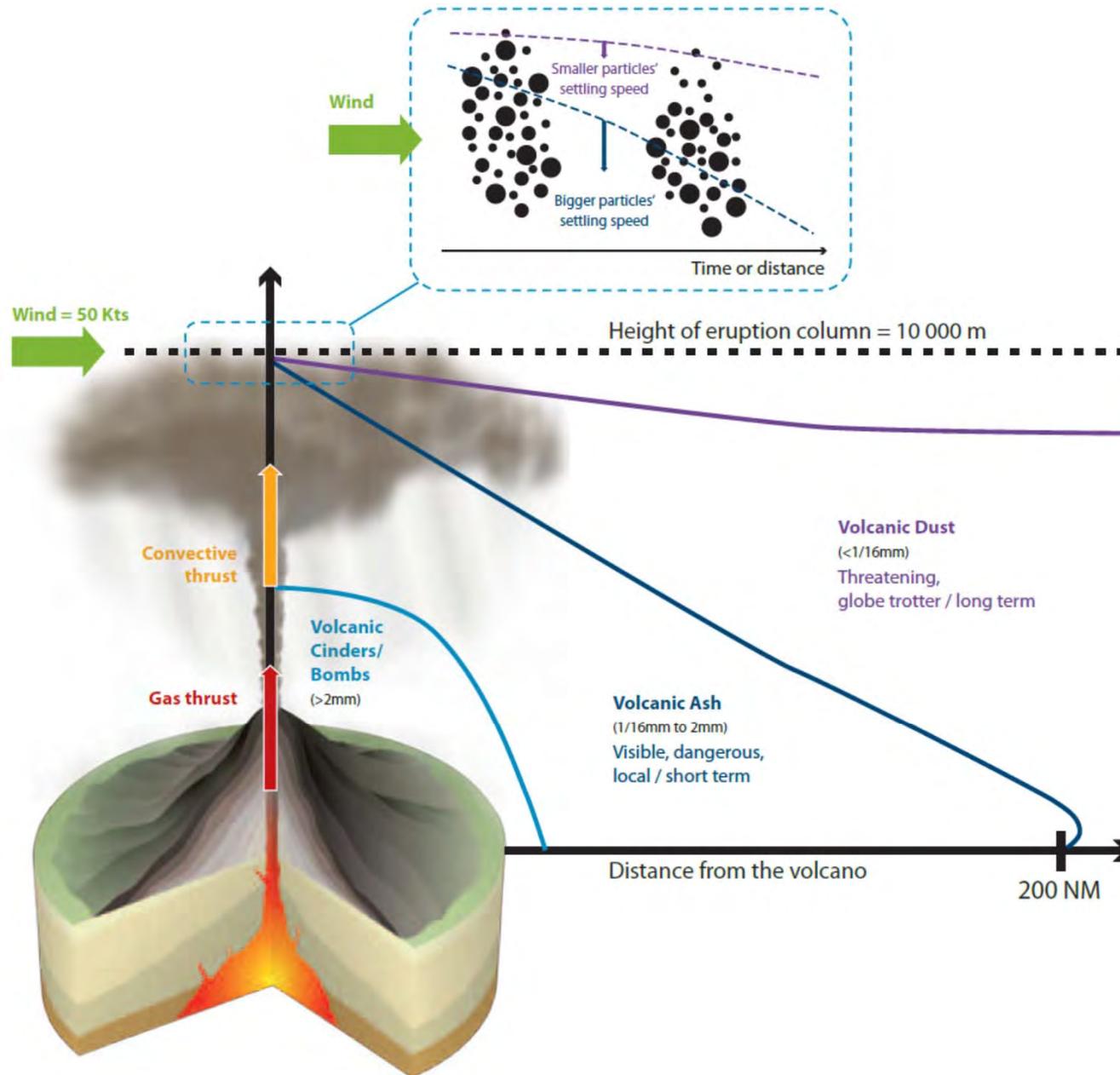
Erupción Explosiva



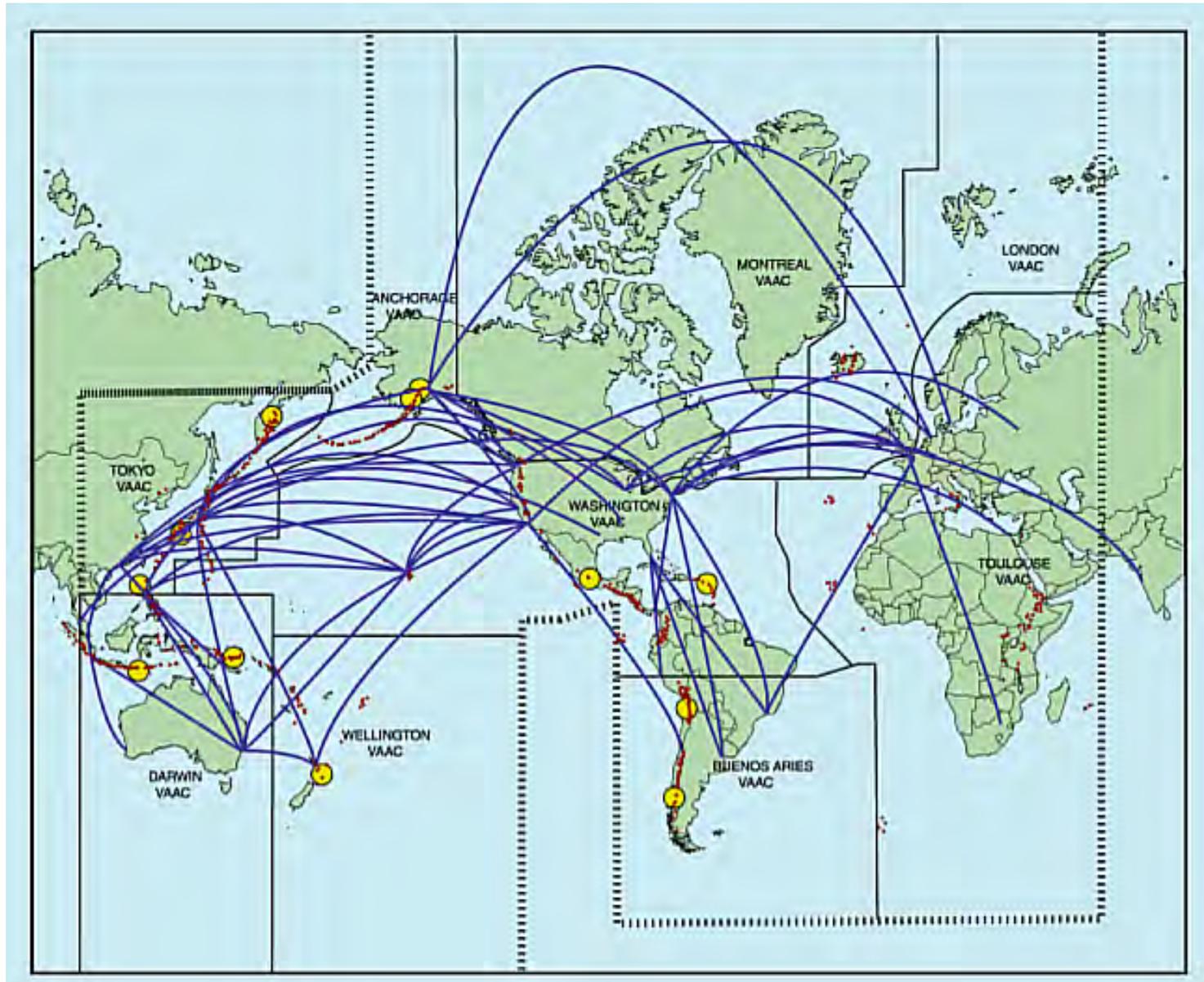
Columnas Eruptivas



Distribución de la Ceniza Volcánica



Los Volcanes y las rutas Aéreas



Erupciones significativas

Erupciones volcánicas en las últimas décadas, que han causado daño o que han afectado significativamente operaciones de aeronaves en todo el mundo

<u>Volcano</u>	<u>Location</u>	<u>Date</u>
Redoubt	Alaska	1989-90
Unzen	Japan	1991
Mt. Pinatubo	Philippines	1991
Hudson	Chile	1992
Mt Spurr	Alaska	1992
Lascar	Chile	1993
Rabaul	New Britain	1994

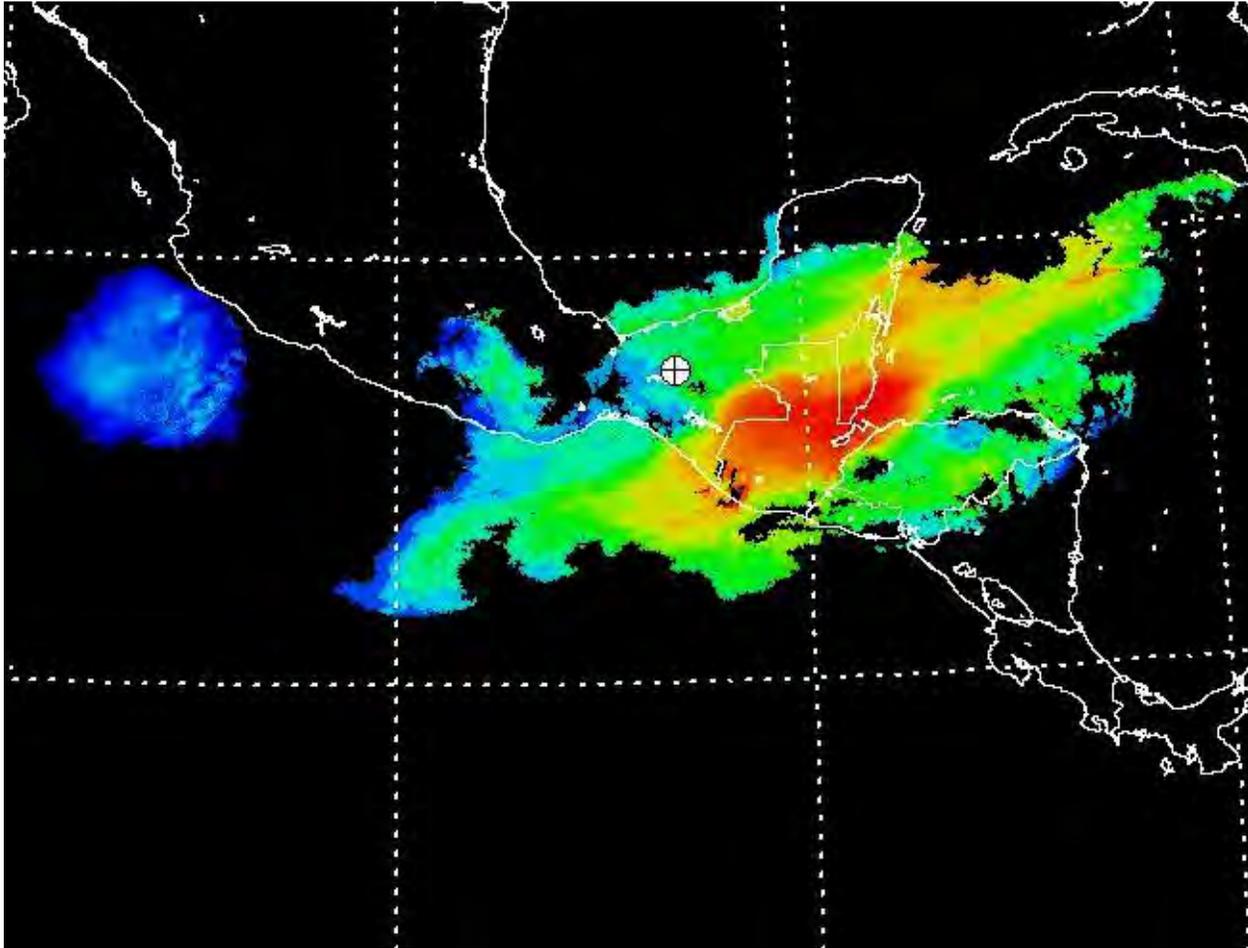
Erupciones significativas

Klyuchevskoy	Kamchatka	1992
Rinjani	Indonesia	1994-95
Ruapehu	New Zealand	1995
Soufriere Hills	Montserrat	1996-98
Popocatepetl	Mexico	1996-98
Guagua Pichincha	Ecuador	1999
Hekla	Iceland	2000
Etna	Italy	2000
Miyake-jima	Japan	2000
Volcán de Colima	México	2005
Chatien	Chile	2008

El Instituto de Geofísica, UNAM reporta 12 volcanes activos en territorio Mexicano



Grandes Erupciones



El Chichon 1982, 1 día despues de la erupción. Principal nube de Ceniza 1500 millas al rededor

Efectos de la ceniza volcánica en la Aviación

Height of Icelandic volcano ash cloud

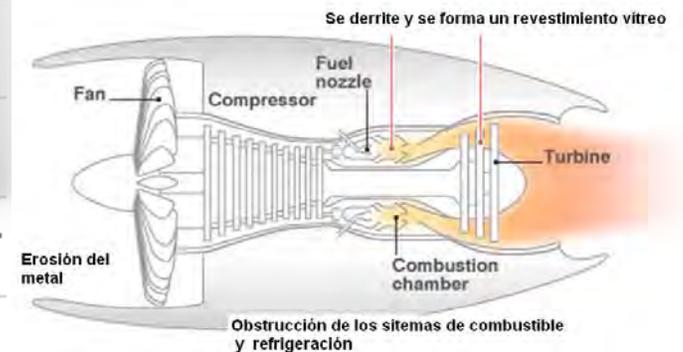
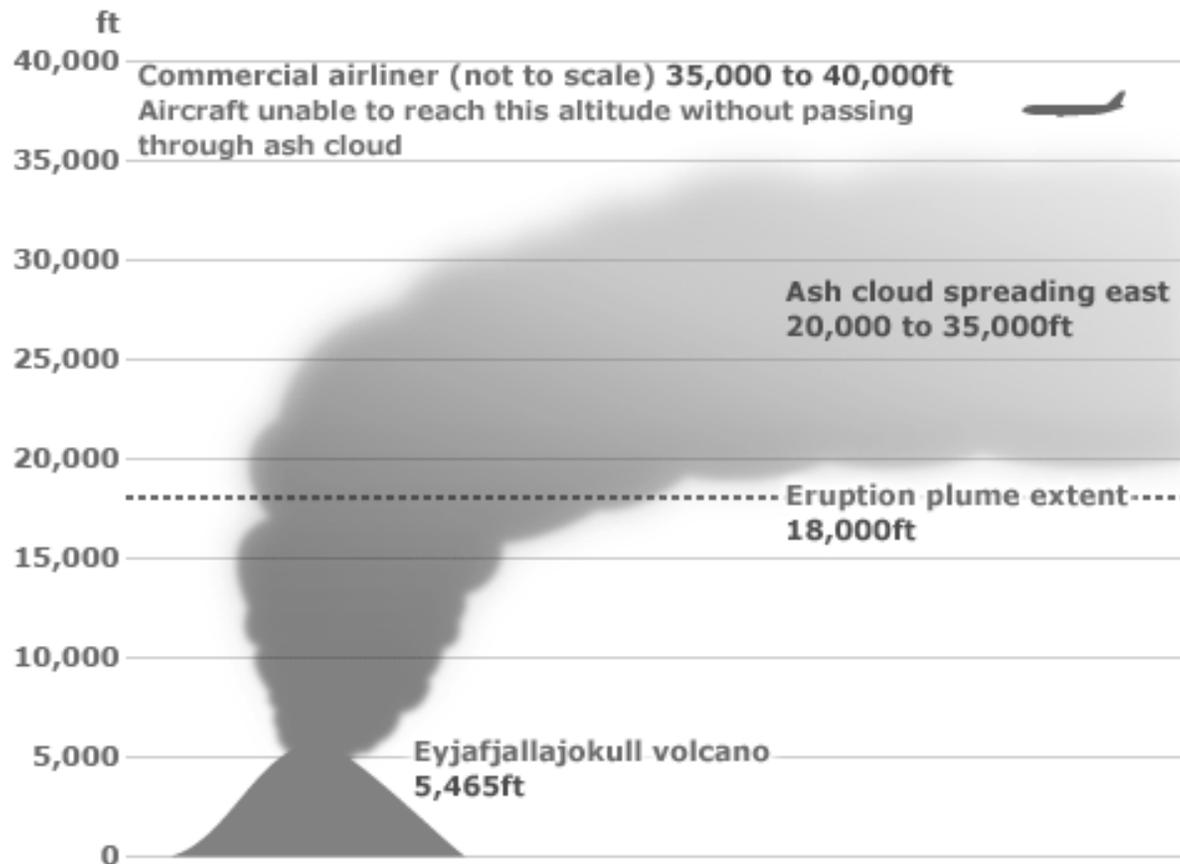
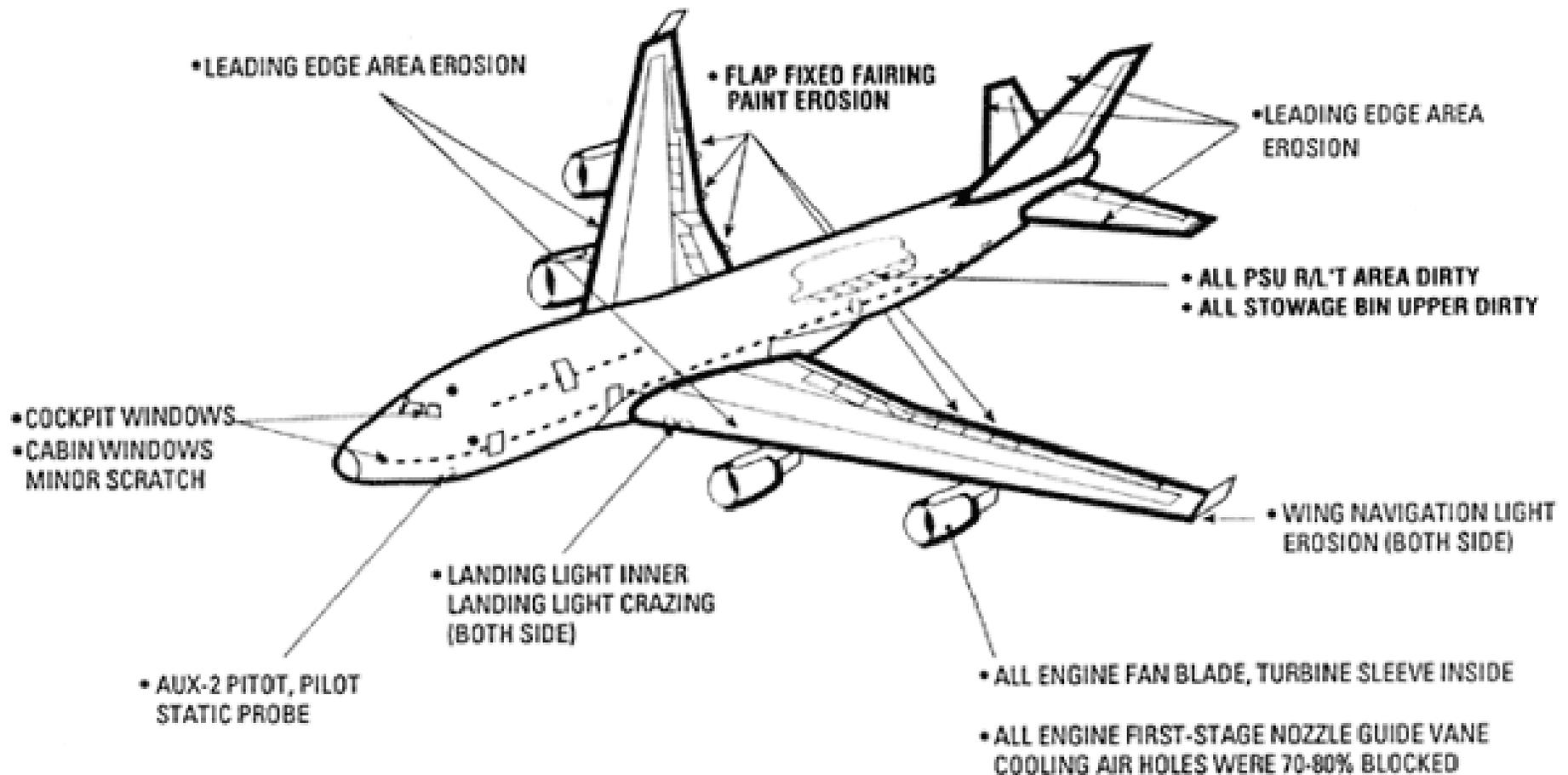


Imagen modificada de BBC News, 2010.

Efectos de la ceniza volcánica en la Aviación

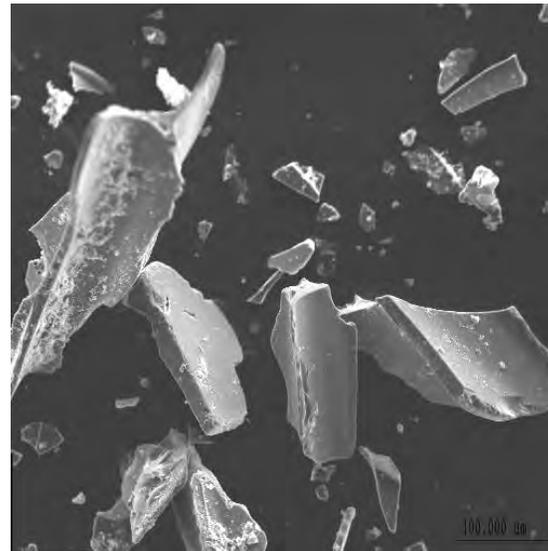
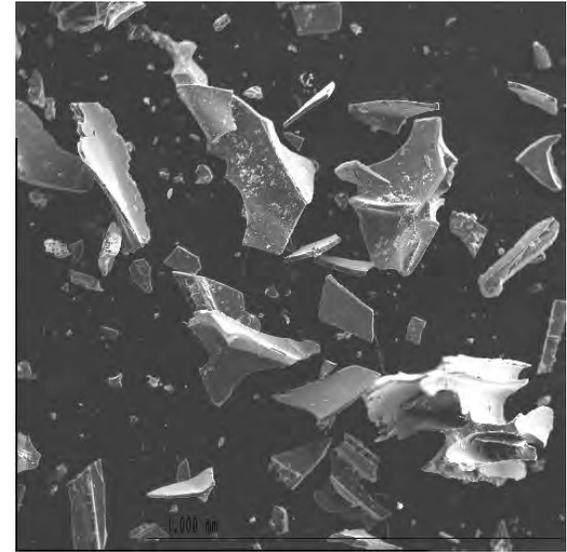
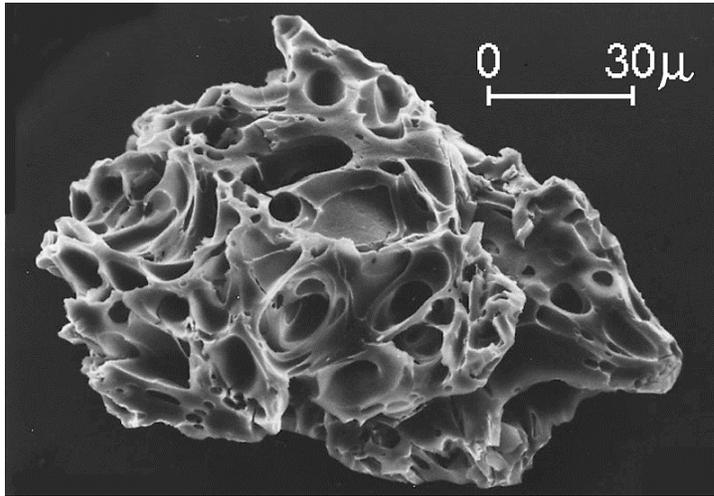
Mitigación de riesgos en la aviación



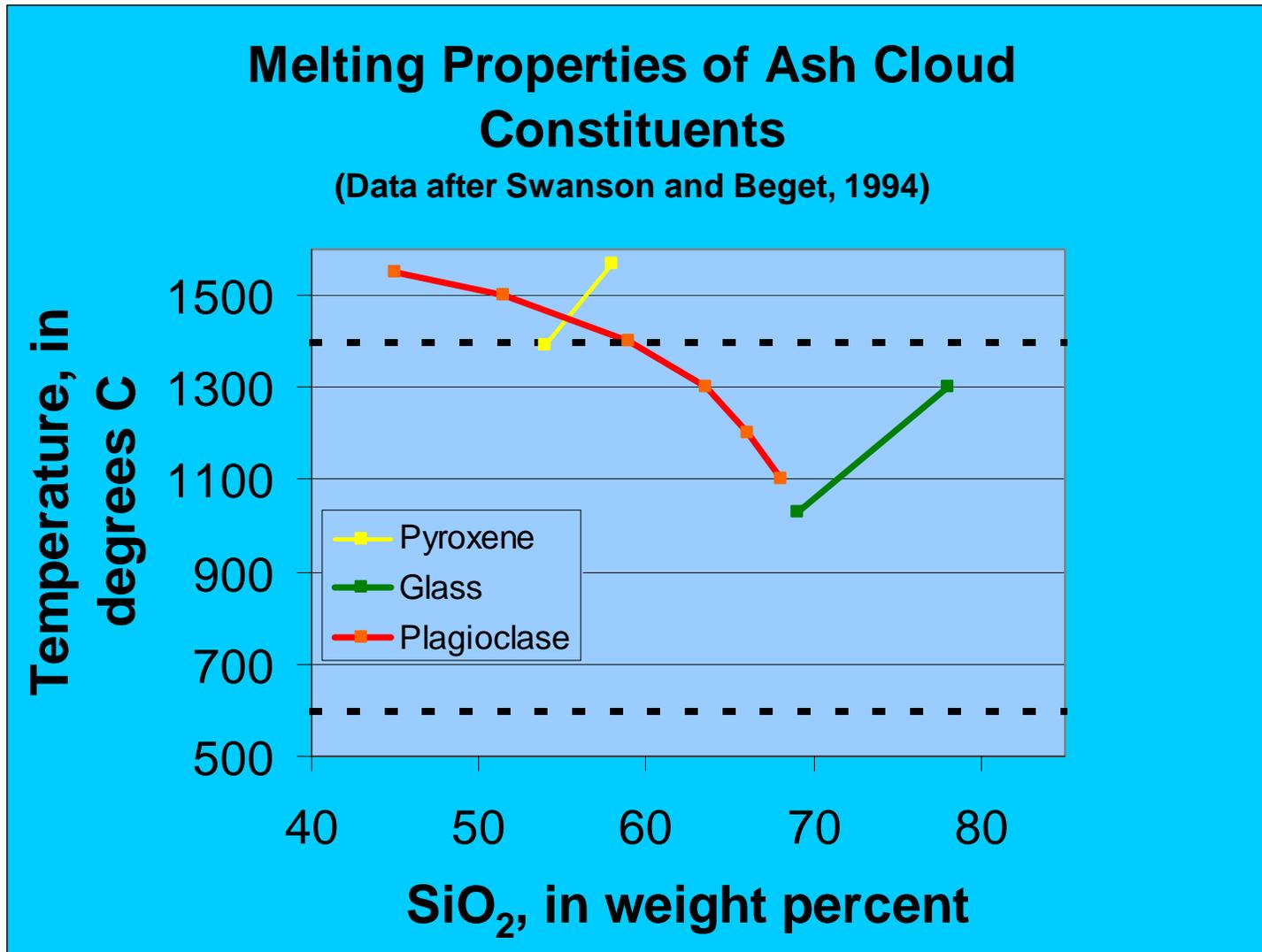
Características de la Ceniza Volcánica

- Es una mezcla no consolidados de arena y polvo de tamaño (0.001 mm a 1 mm) constituida por fragmentos de rocas y minerales producidos durante las erupciones explosivas.
- Los fragmentos de roca contienen gran cantidad de Vidrio Volcánico.
- Incluyen fragmentos de mineral feldespato plagioclasa, hornblenda y piroxeno. Estos se funden a temperaturas más altas que los fragmentos de roca vidriosa.
- Ceniza es duro, fuerte, y angular.

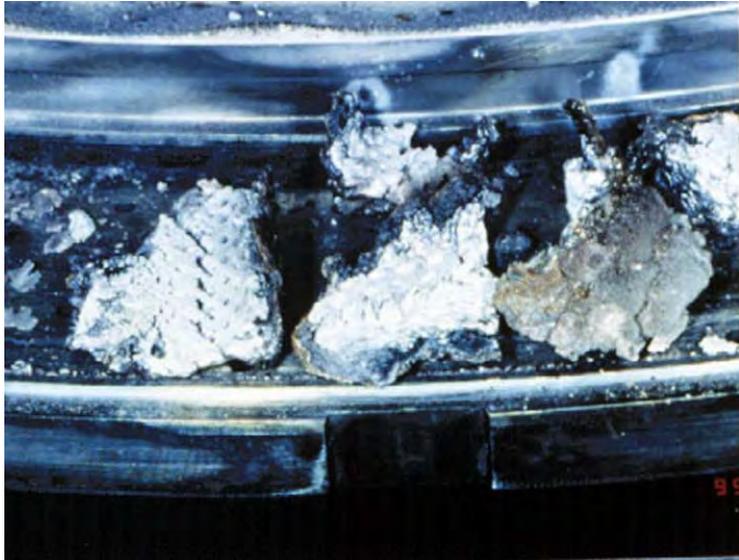
Características de la Ceniza Volcánica



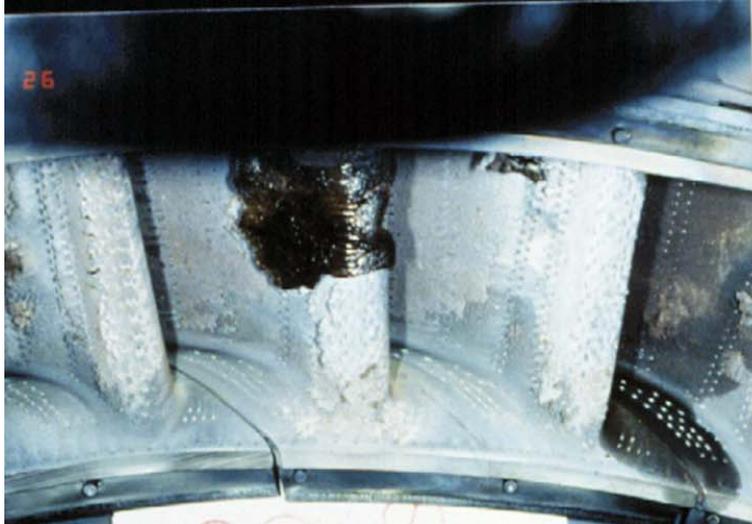
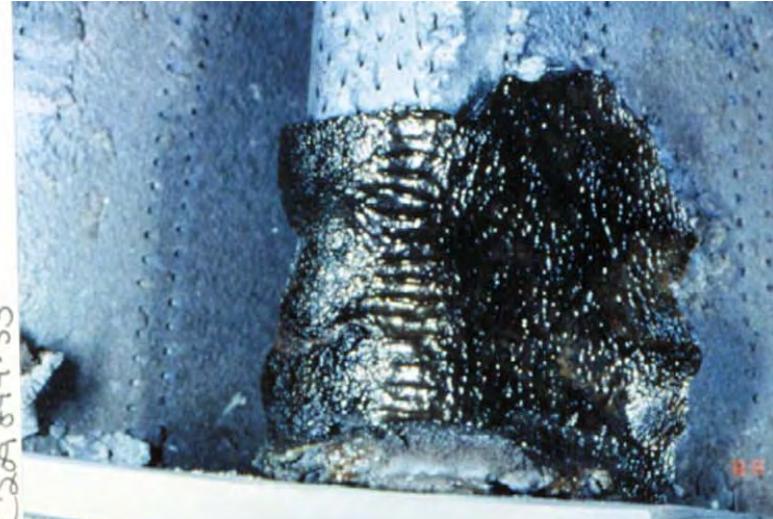
Punto de fusión de la Ceniza Volcánica



Deposición de vidrio volcánico en los alabes de la Turbina



C209 899-33



209899-30





Identificación de la Ceniza Volcánica en el aire.

- Las nubes de ceniza a la deriva no son visibles por los radares meteorológicos debido al tamaño muy pequeño de las partículas y a su baja reflectancia.
- La identificación visual es difícil cuando la nube se dispersa, y en condiciones de poca luz.

Detección de una nube de ceniza de forma visual



Nube de ceniza que se confunde con nubes meteorológicas



Efectos de la Caída de Ceniza



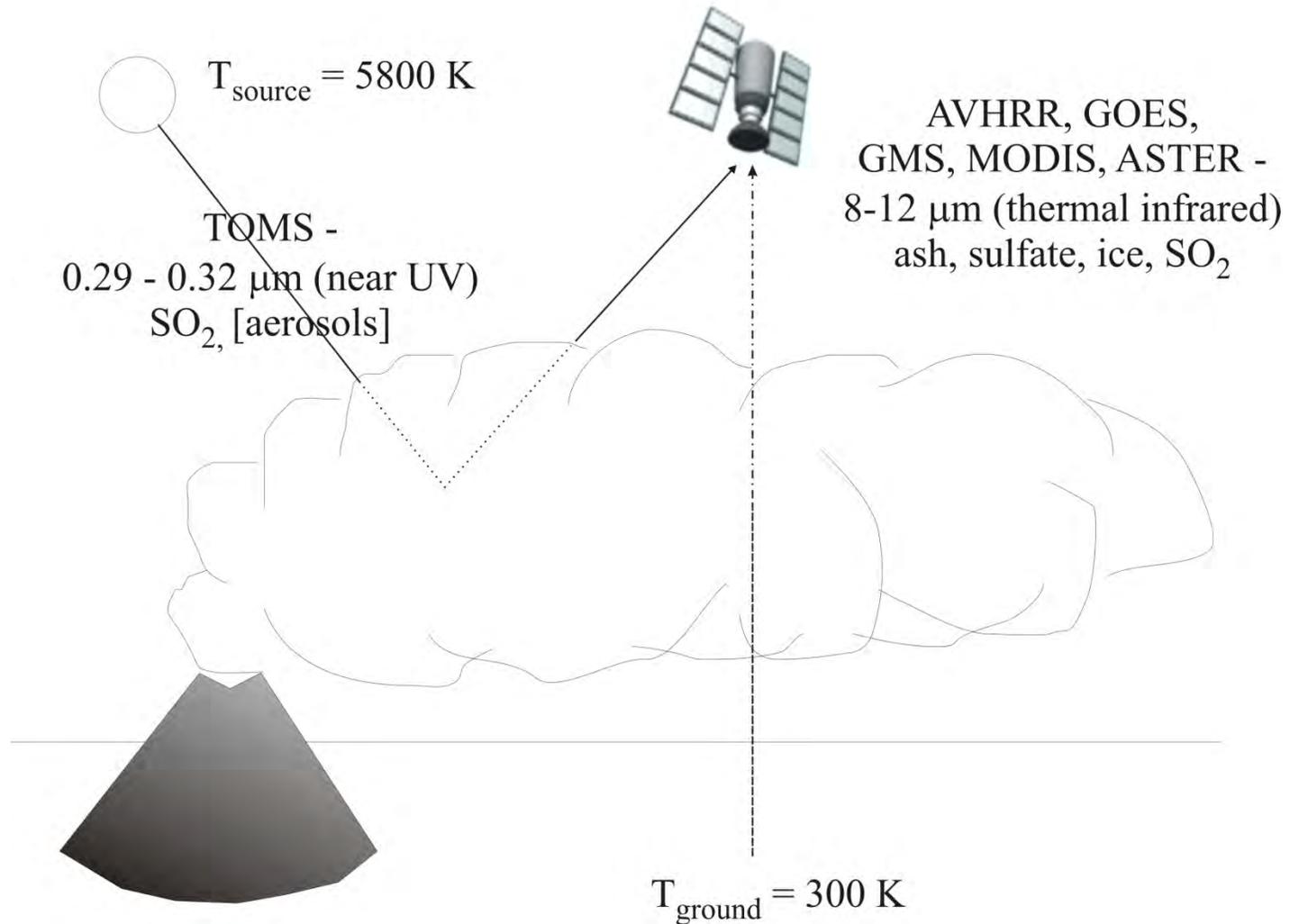
**Herramientas que se
utilizan para la
Mitigación de riesgos
por erupciones
volcánicas en aviación**

Imágenes Satelitales

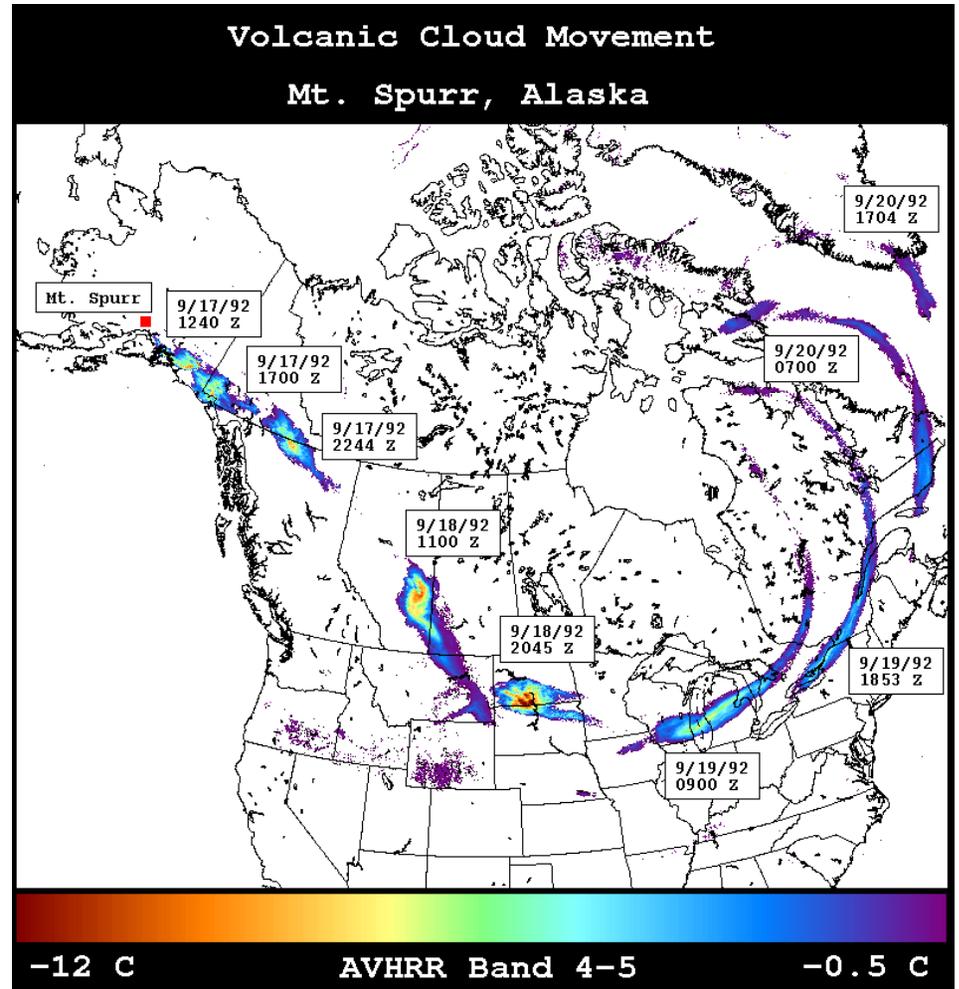
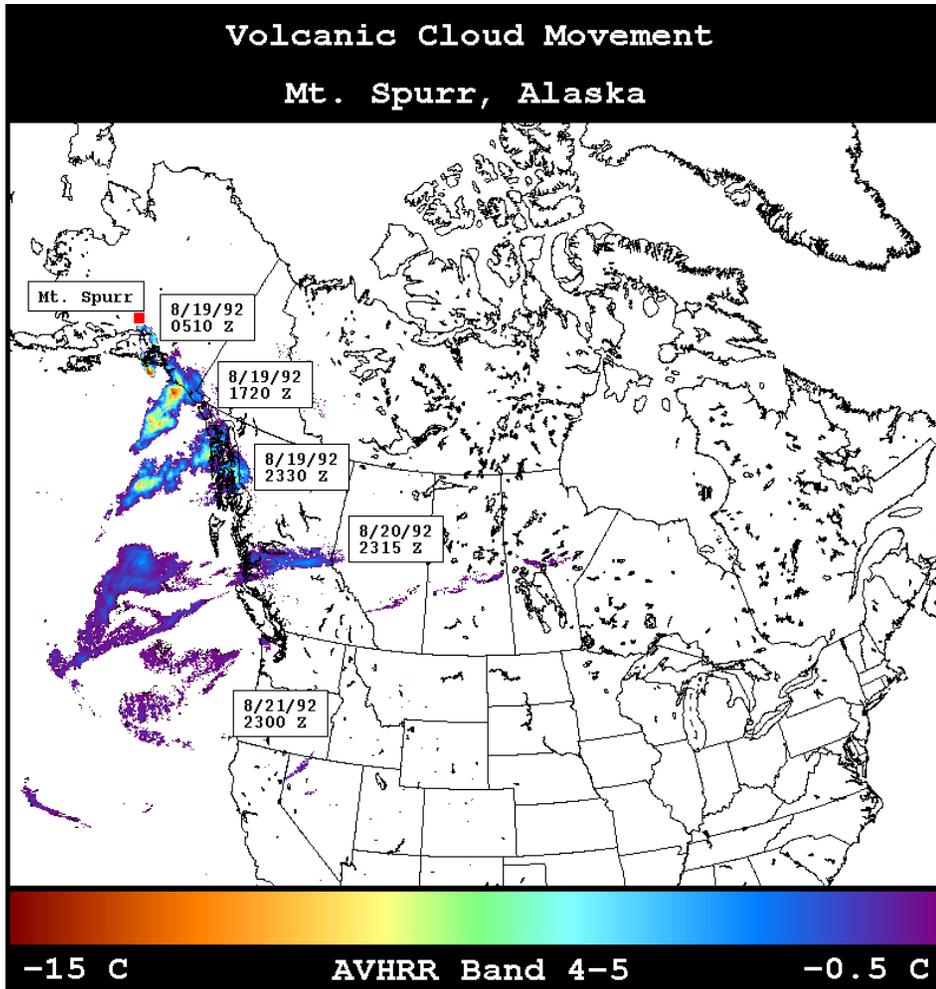
➤ En la actualidad existen otros sensores que permiten la detección de productos volcánicos como son el SO_2 y la ceniza volcánica (p. ej. *GMS-5*, *GOES*, *TIMS*, *AVHRR*, *MODIS*, *ASTER*, *OMI*).



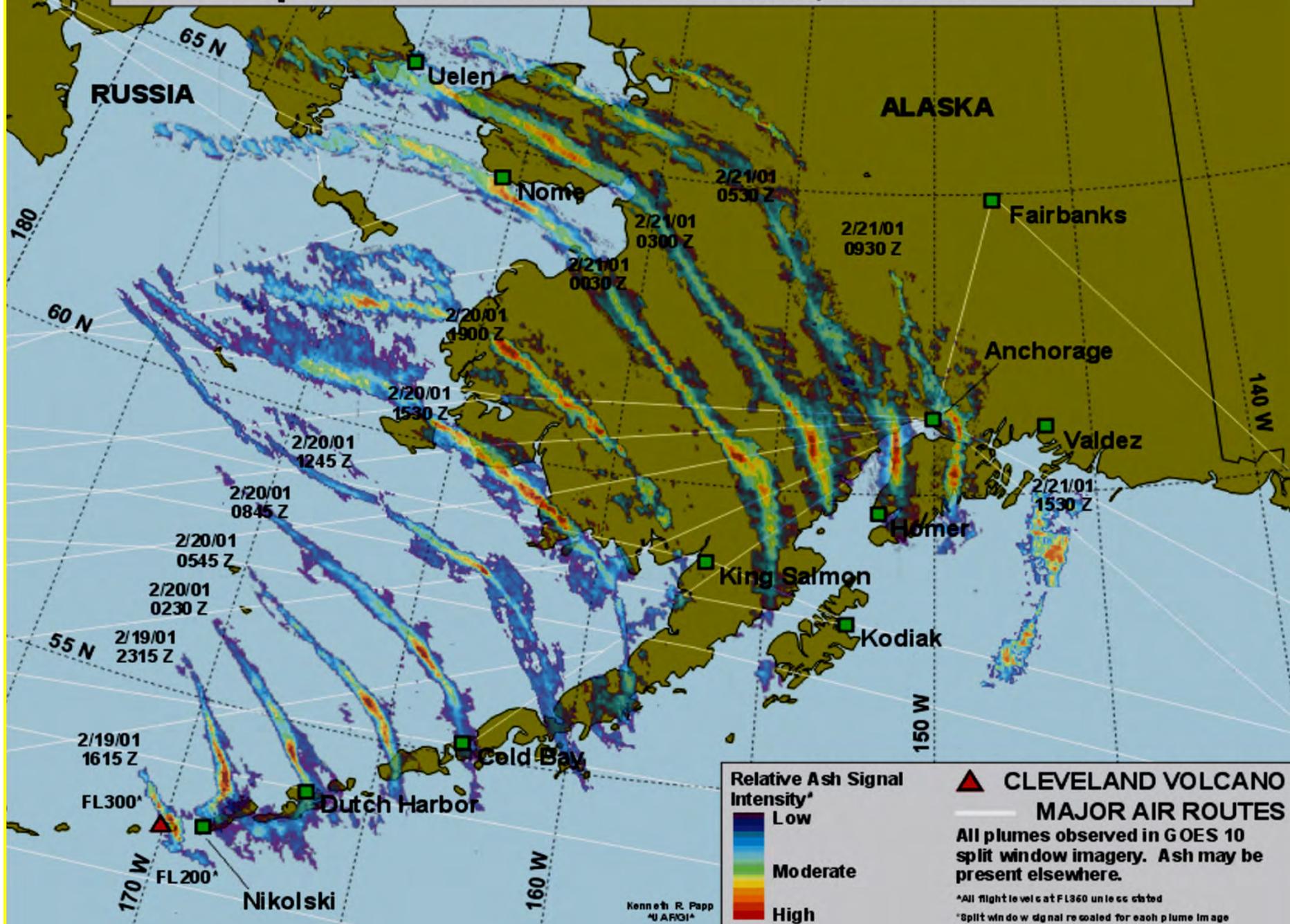
Imágenes Satelitales



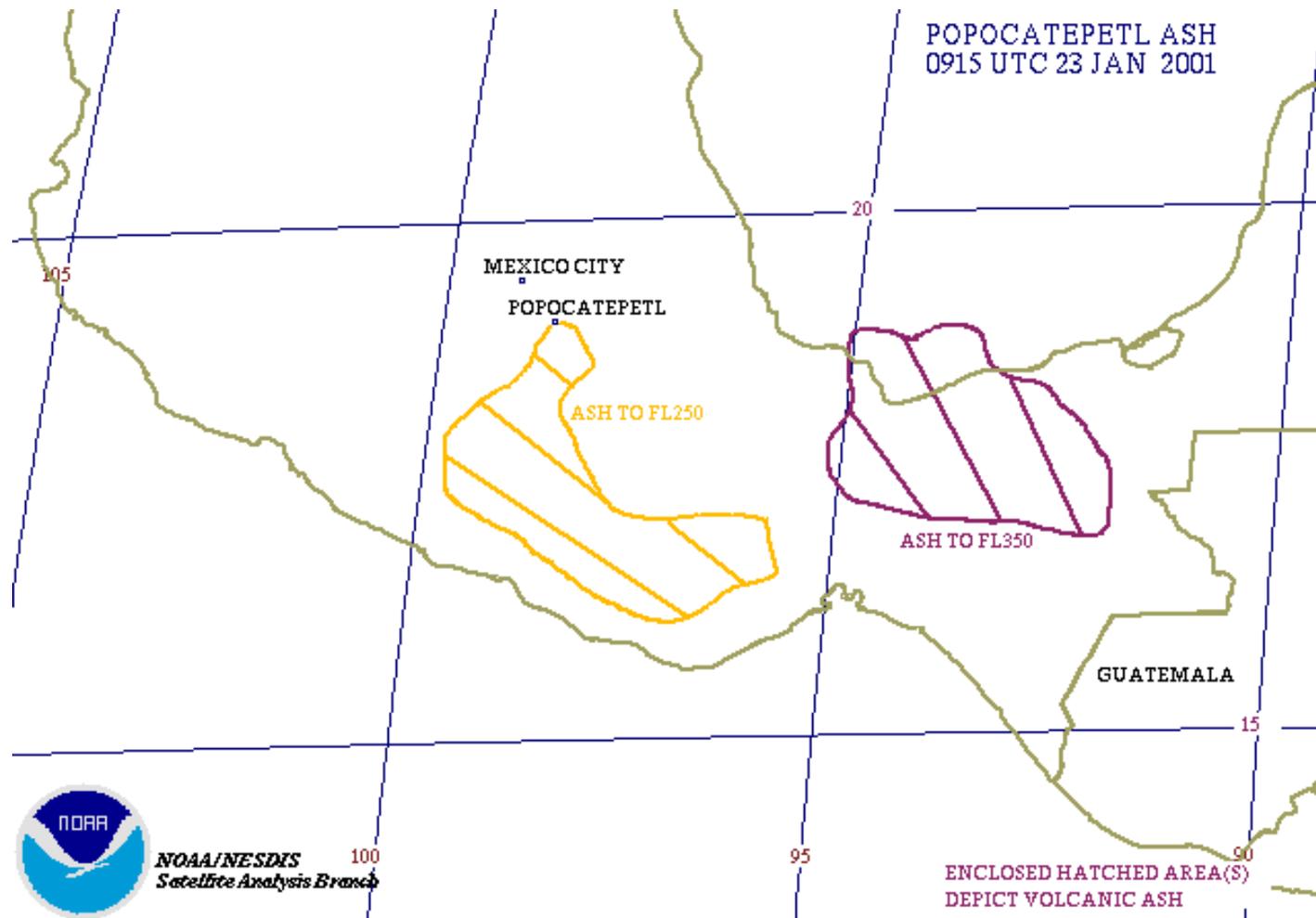
Rastreo de la nube de Ceniza



The Eruption of Cleveland Volcano, Alaska: Feb. 2001



Reportes emitidos por la Volcanic Ash Advisory Centres (VAAC)



Sensor MODIS

➤ Existen dos plataformas satelitales que cuentan con el sensor MODIS: Terra-I y Aqua –I

➤ MODIS cuenta con 36 Bandas en un rango de 0.4 μm a 14.4 μm

➤ Cuenta con una Resolución Espacial de:
250 m (Banda 1 y 2)
500 m (Banda 3 a 7)
1000 m (Bandas 8 a 36)

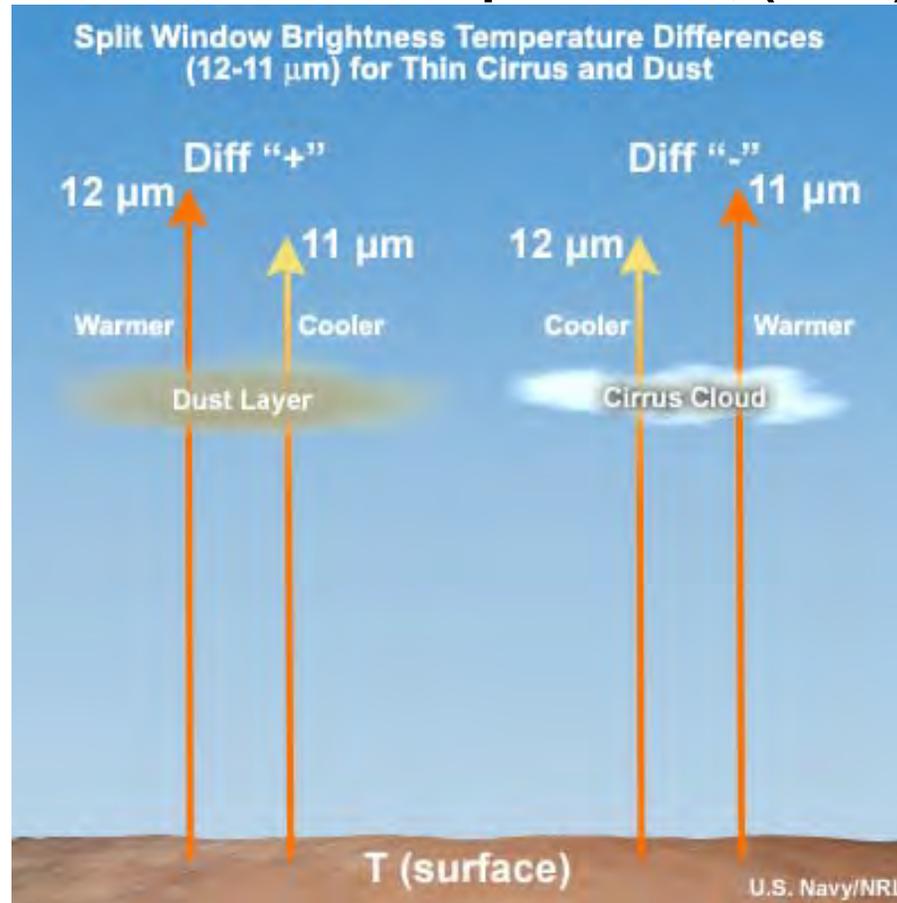


Satélite Terra - I

➤ Terra-I fue puesto en orbita en Diciembre de 1999. Aqua-I fue puesto en orbita en Mayo del 2002.

Detección de Ceniza Volcánica.

Técnica desarrollada por Prata, (1989)

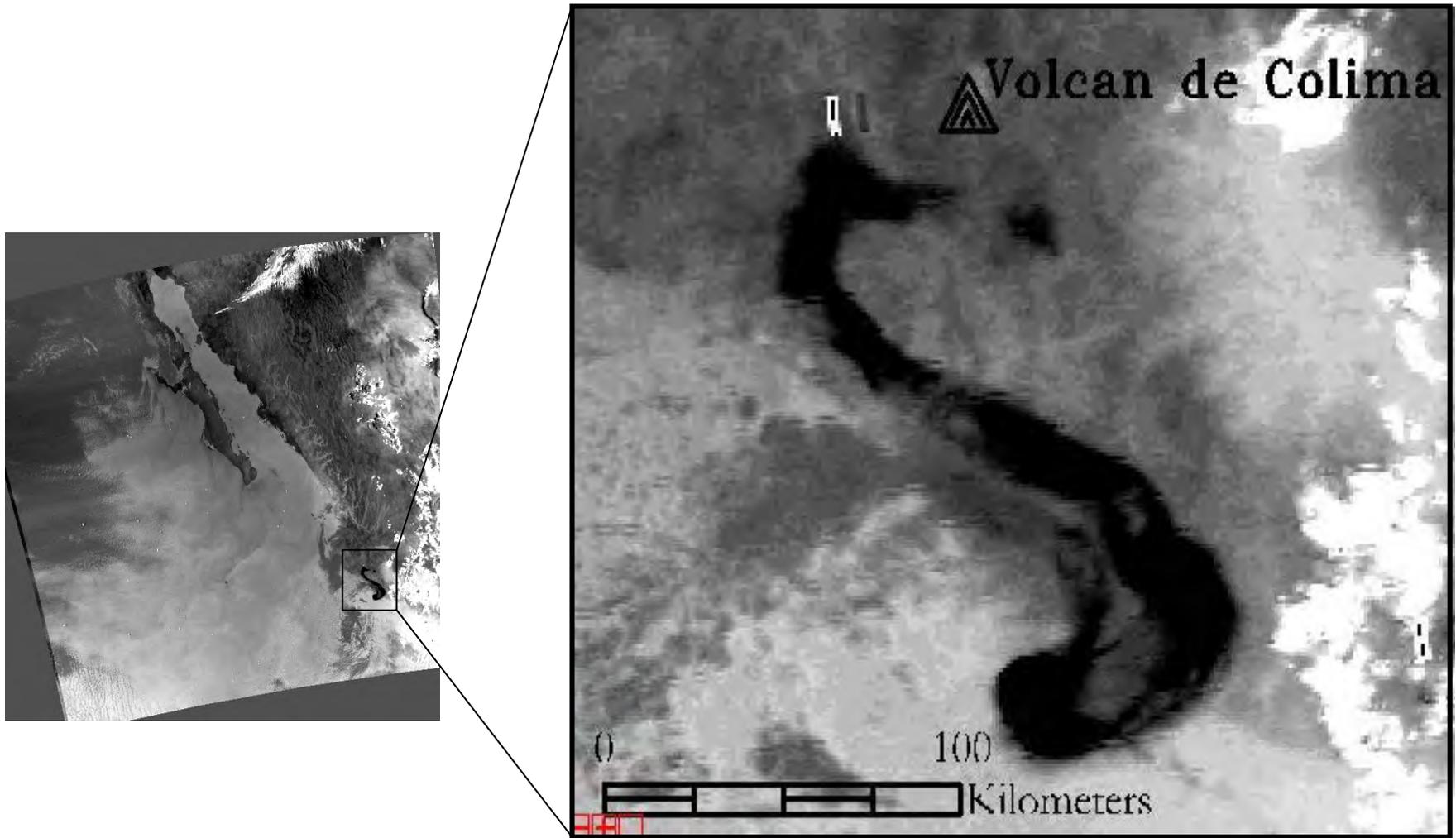


Detección de Ceniza (con el método de Split-Window)

$BT_{10.7\mu m} - BT_{12.0\mu m} = \text{Negativo para ceniza}$

$BT_{10.7\mu m} - BT_{12.0\mu m} = \text{Positivo para nube de hielo/agua}$

Imagen MODIS resta de bandas: b31 - b32



Erupción del Volcán de Colima del 10 de Junio de 2005.

Imagen MODIS resta de bandas: b31 - b32

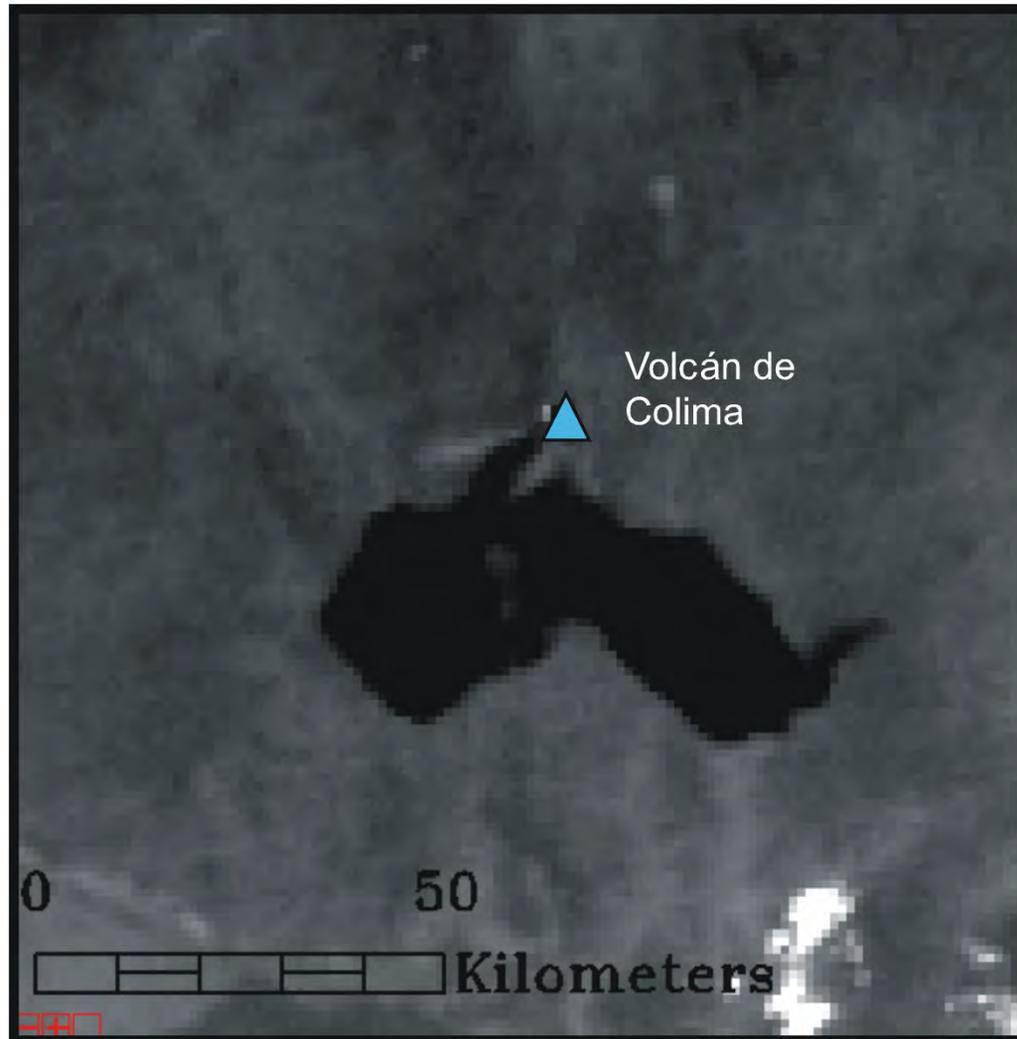
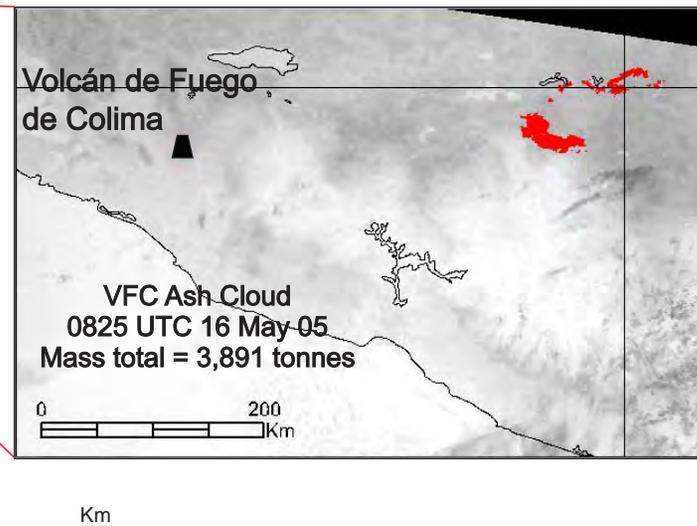
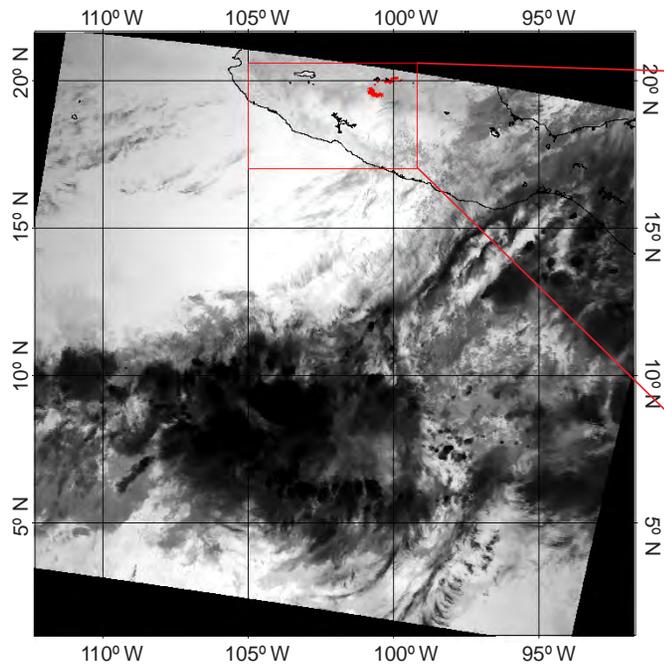
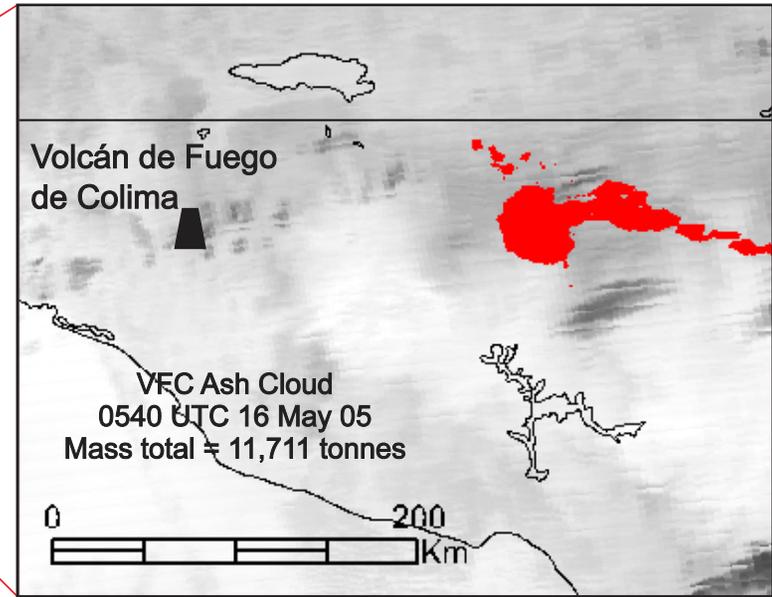
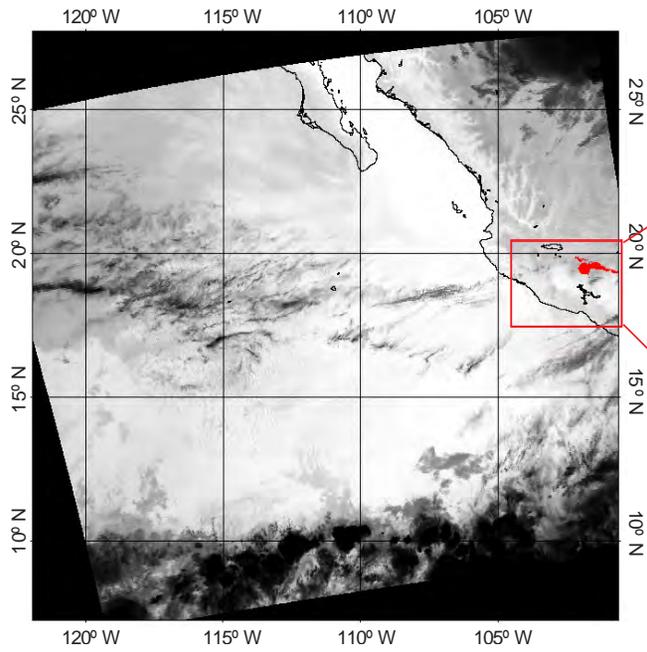


Imagen MODIS del
7 de Junio de 2005.
05:35 UTM

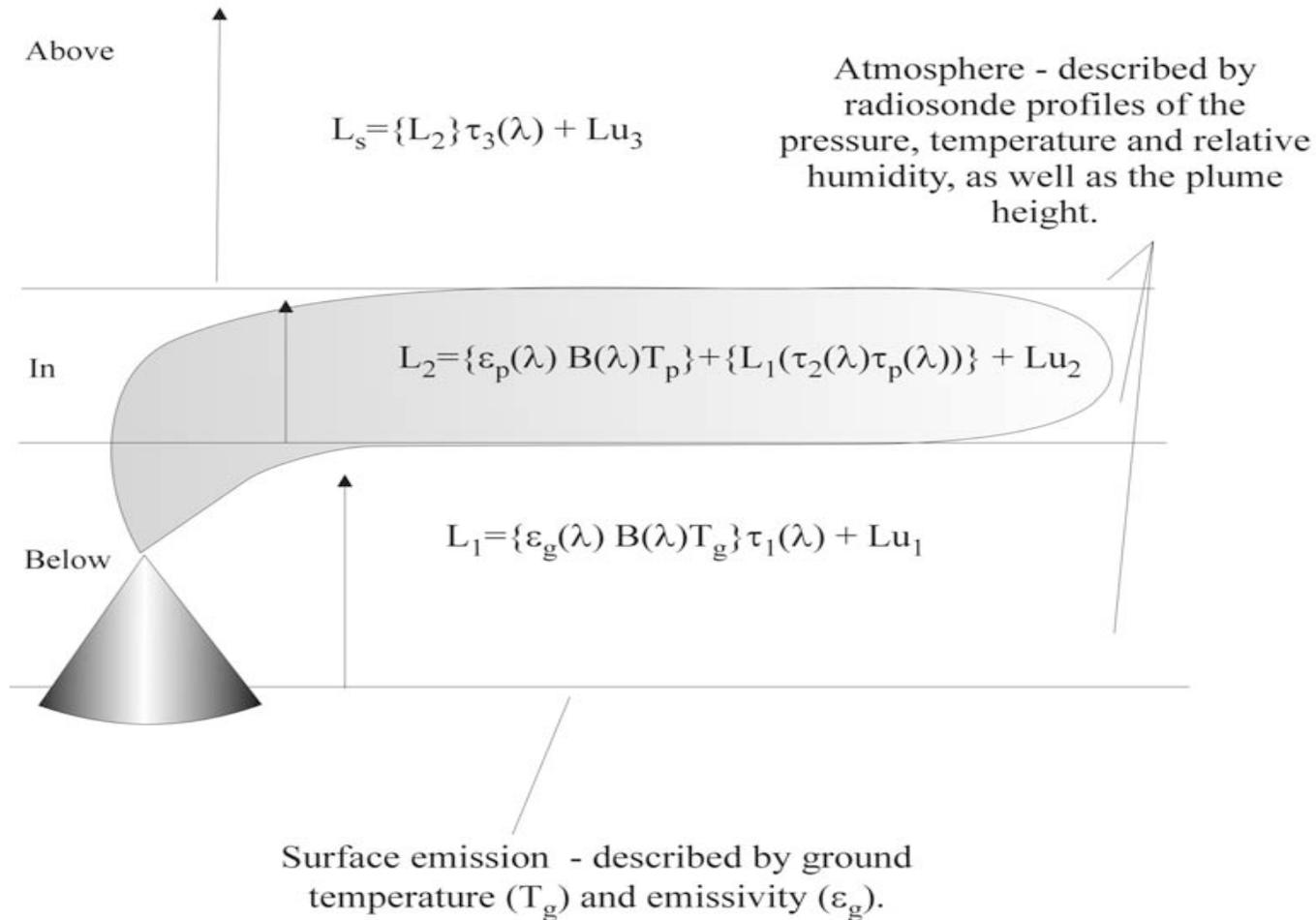
Cantidad de CENIZA:
4538 Tons

Área: 1200 Km²

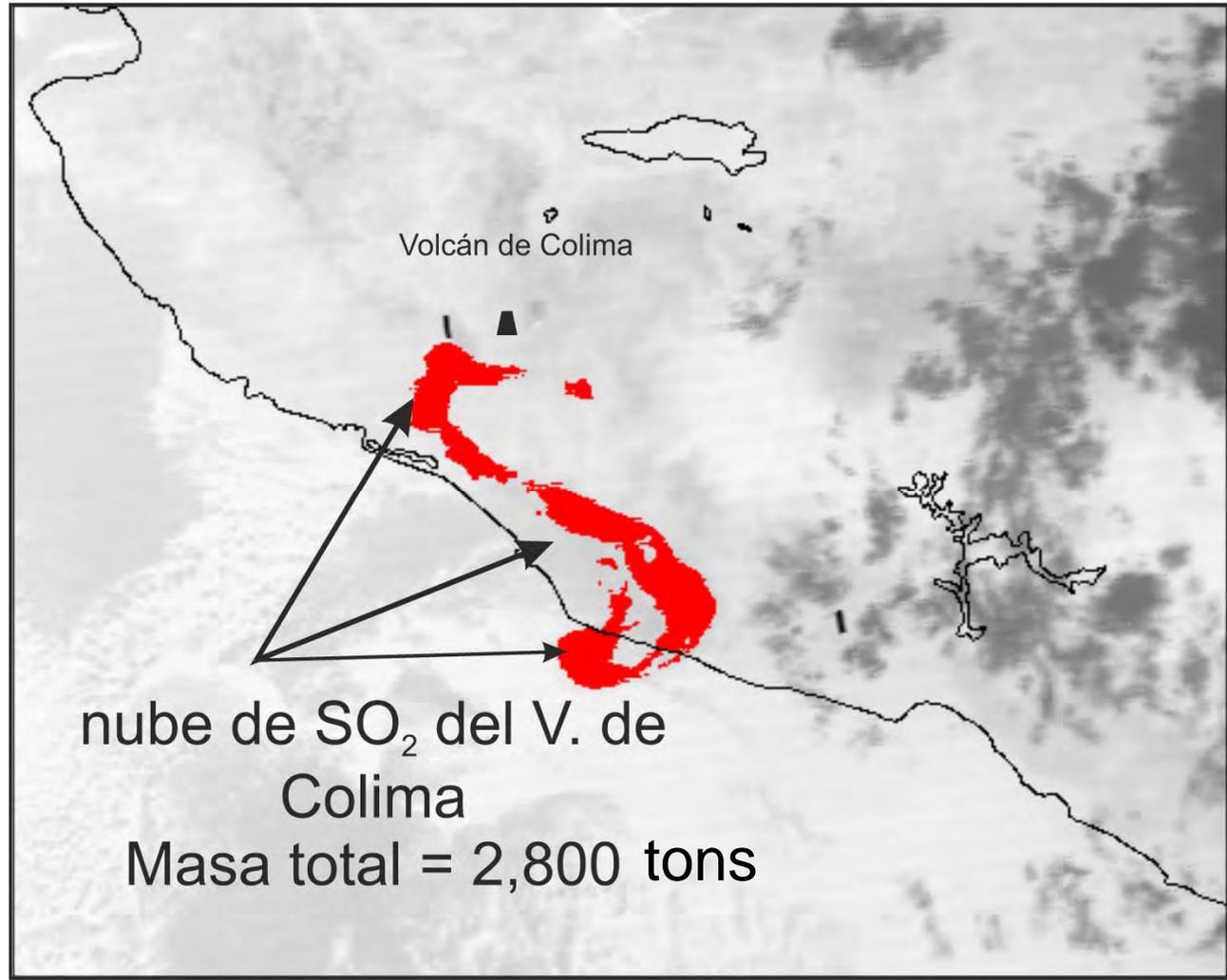


Teoría de cuantificación de SO₂ basada en 8.6μm, Realmutto et al., (1994)

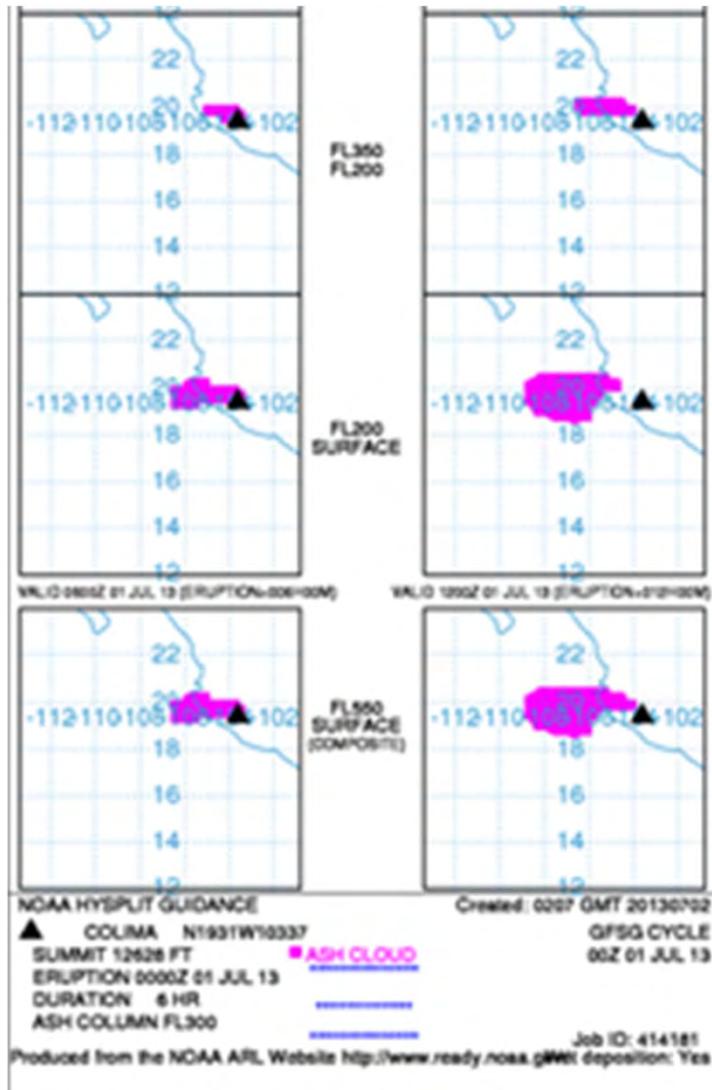
At-satellite radiance - described by the surface emission, the transmission of the plume (τ_p) and the atmosphere.



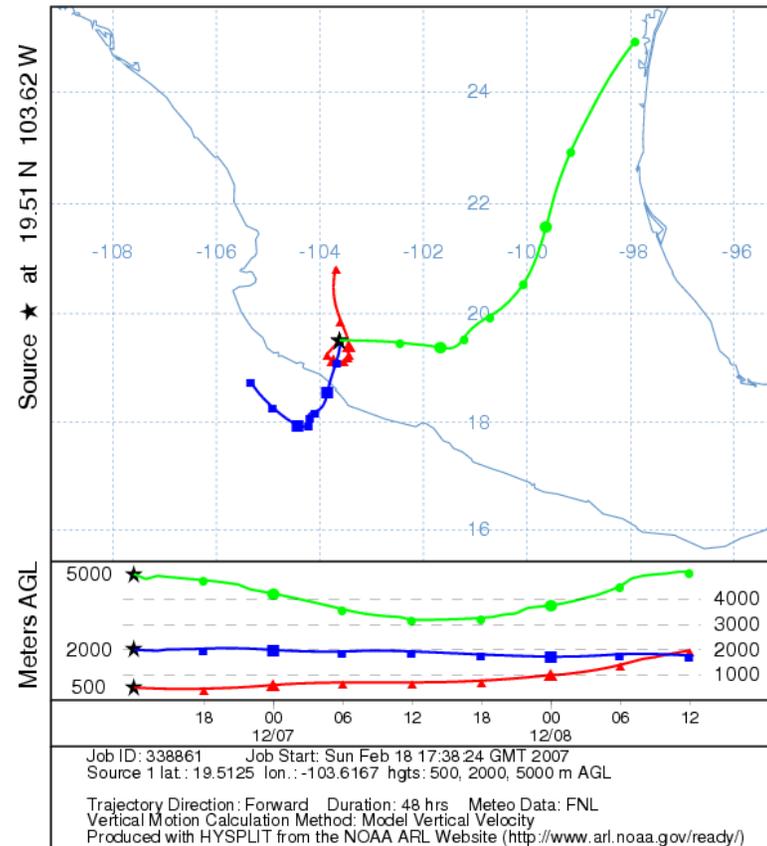
Detección de SO₂ en la erupción de 10 de Junio del 2005 en el Volcán de Colima



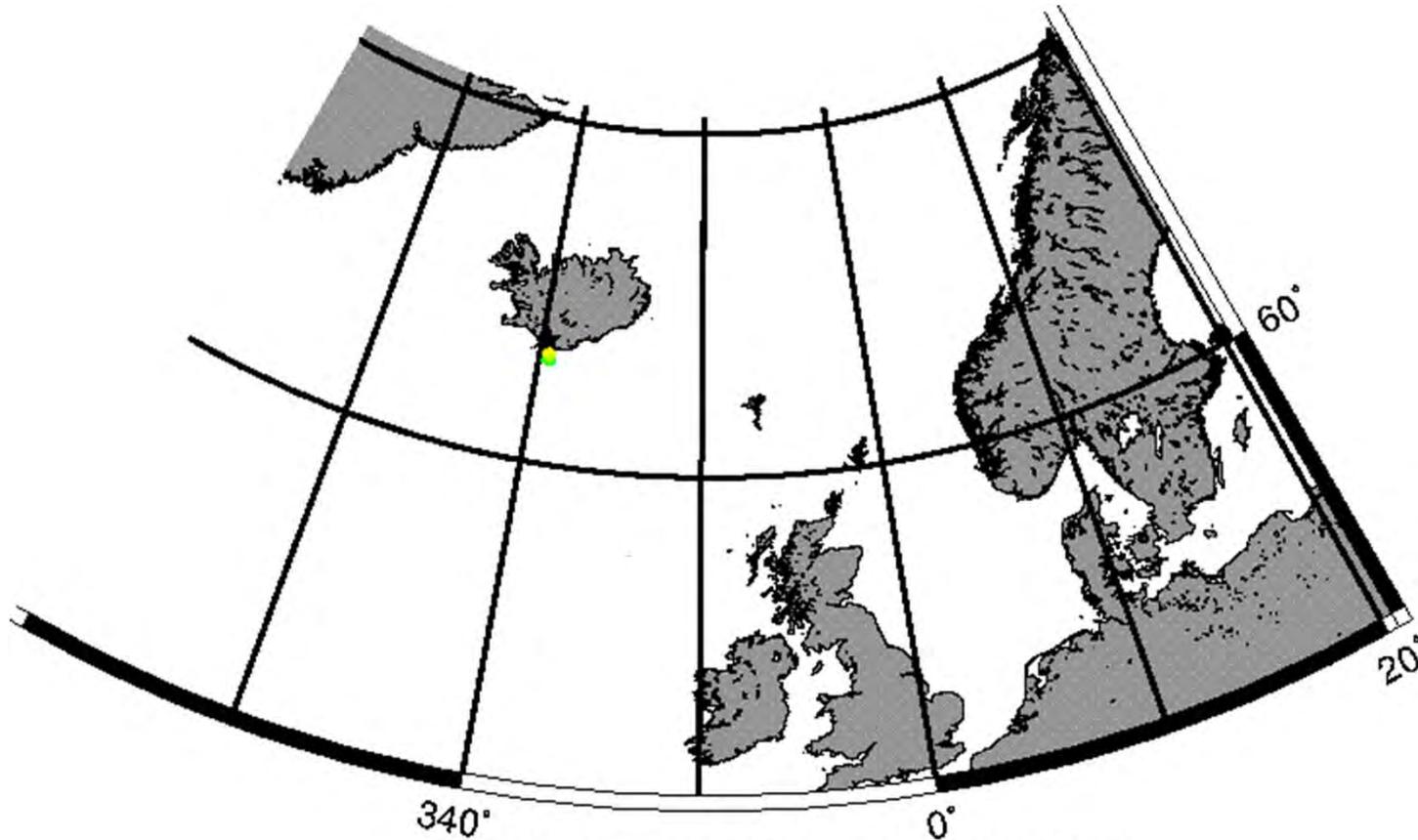
Modelado Matemático



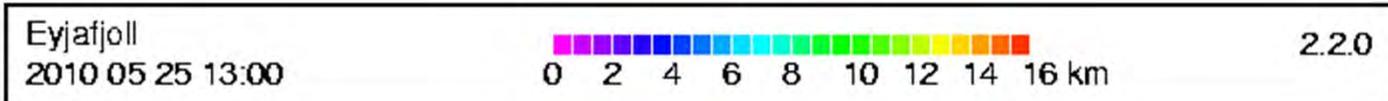
NOAA HYSPLIT MODEL
 Forward trajectories starting at 12 UTC 06 Dec 06
 FNL Meteorological Data



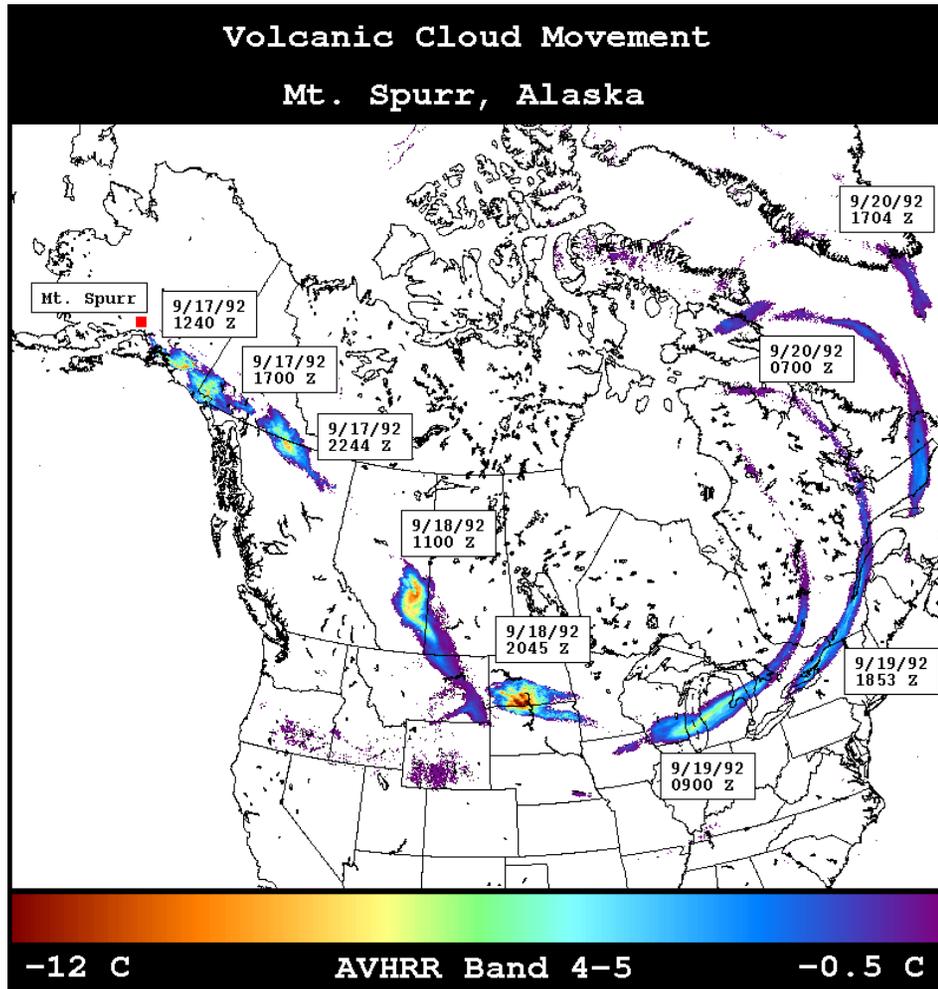
Puff - Volcanic Ash Tracking Model



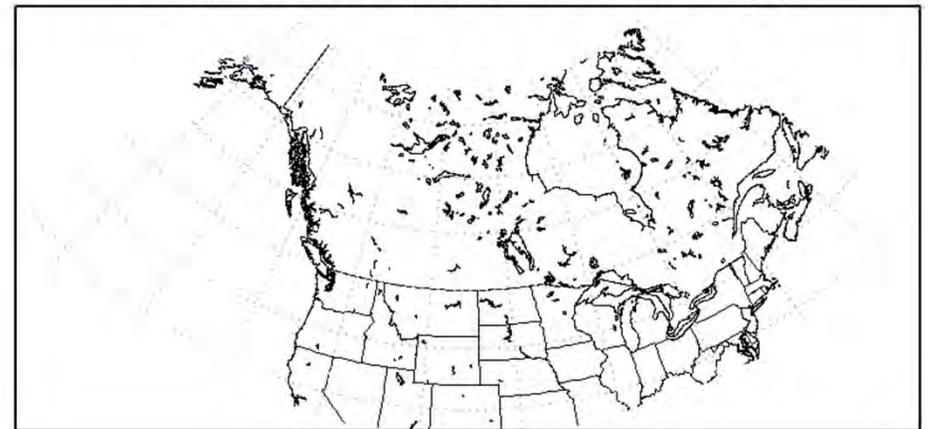
Simulation provided by Geophysical Institute, UAF
www.gi.alaska.edu / puff.images.alaska.edu



Modelado Matemático

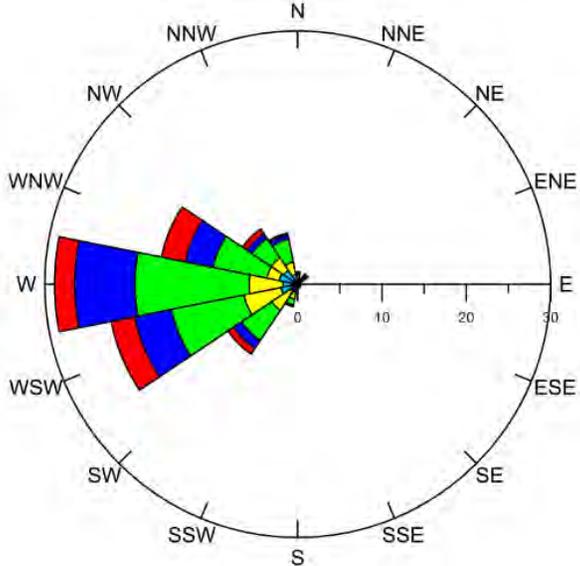
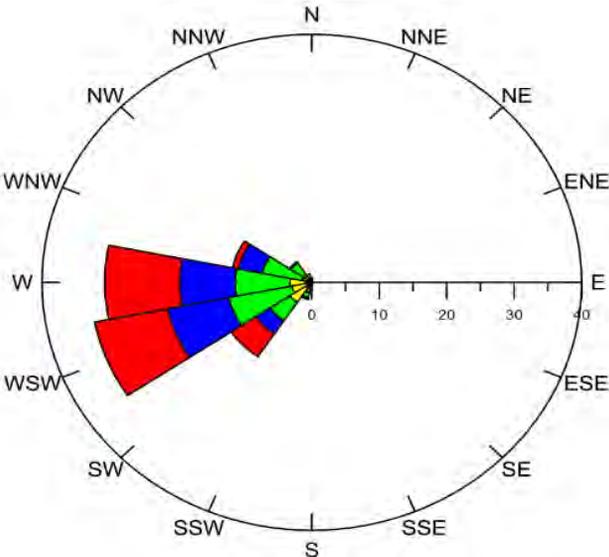
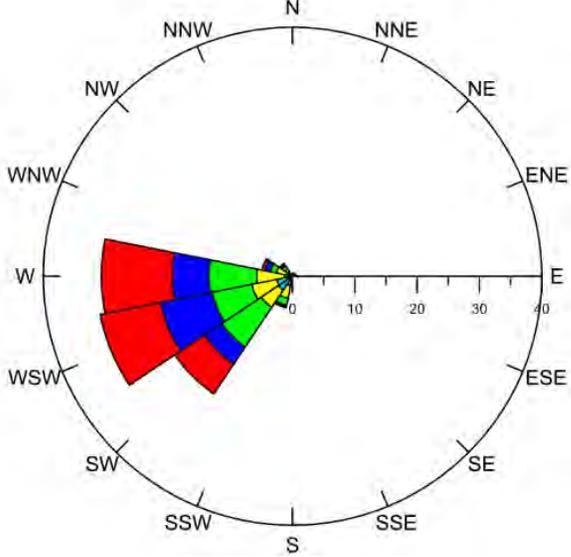
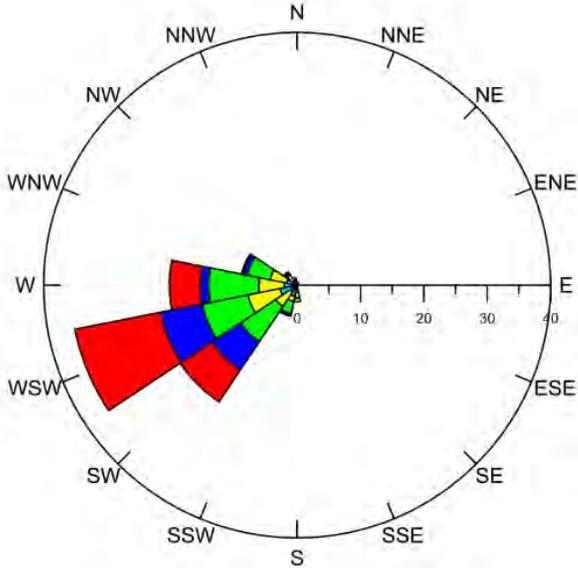


17sep1992 at 08:00 AOT at 0.5 micron (-)

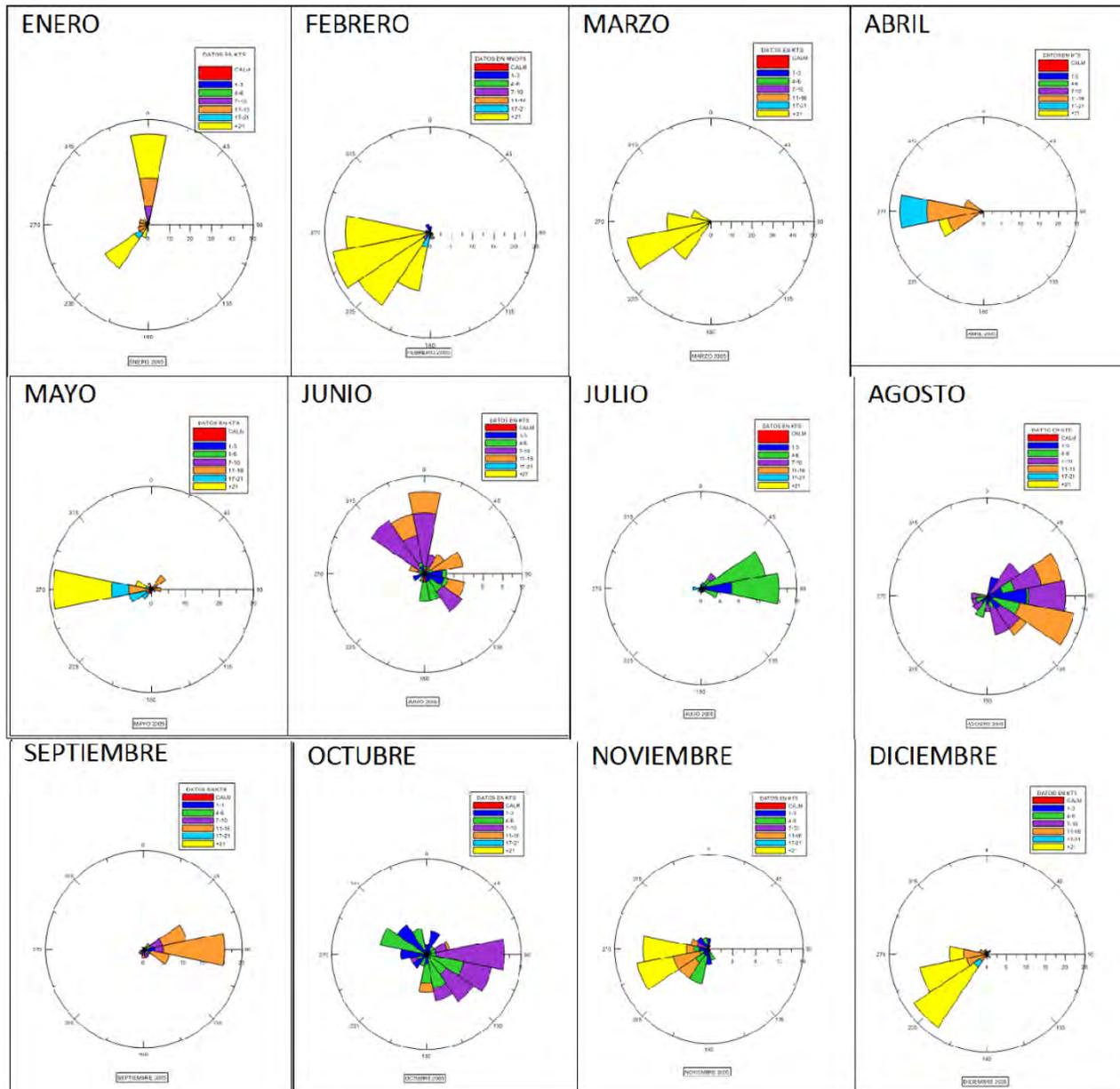


Estudio de vientos en el Cráter del Volcán

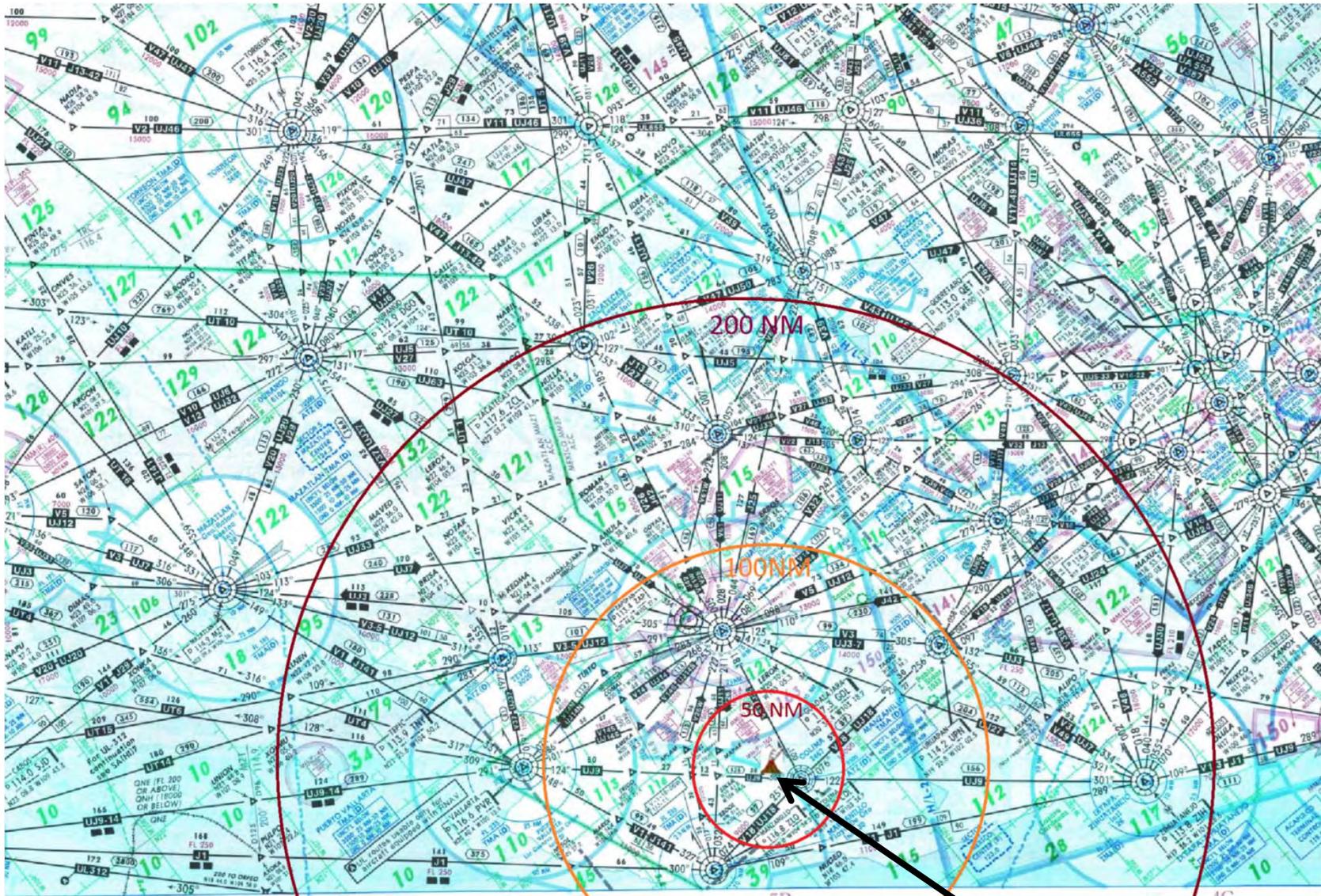
■	1 a 3 m/s
■	4 a 6 m/s
■	7 a 10 m/s
■	11 a 16 m/s
■	17 a 21 m/s
■	más de 21 m/s



Estudio de Vientos en la zona del Crater

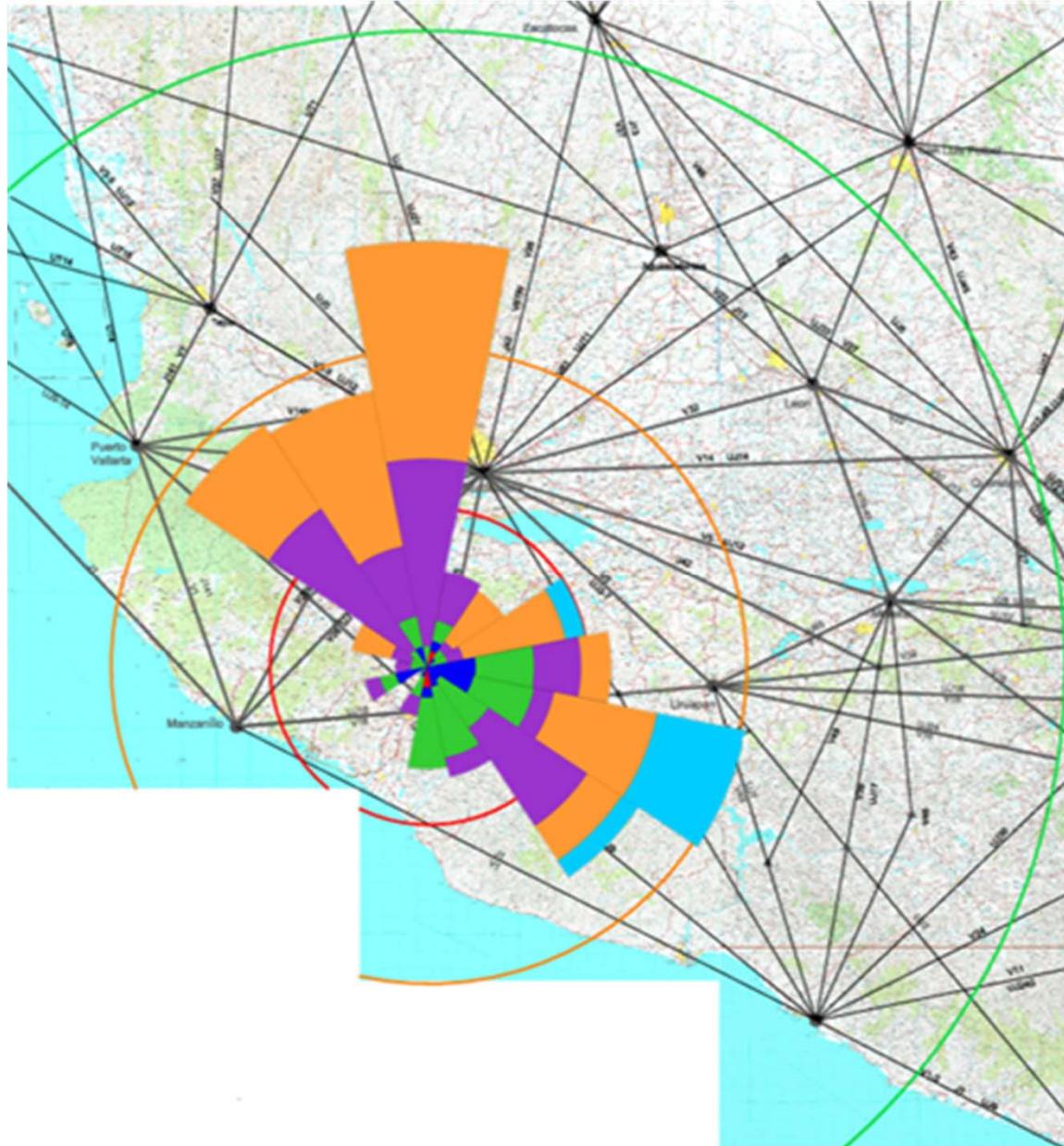


Aerovías en el Espacio Aéreo Mexicano



Volcán de Colima

Aerovías en el Espacio Aéreo Mexicano



Aerovías en el Espacio Aéreo Mexicano

Origen	Rumbo Origen	Aerovías	Rumbo Destino	Destino
COLIMA	077°	UJ18 Y V18	258°	URUAPAN
COLIMA	122°	UJ9	303°	ZIHUATANEJO
COLIMA	255°	UJ18 Y V18	074°	MANZANILLO
COLIMA	304°	UJ9	123°	VALLARTA
COLIMA	004°	J25 Y V61	184°	GUADALAJARA
GUADALAJARA	213°	UJ11 Y V26	032°	MANZANILLO
MANZANILLO	109°	J1 Y V1	291°	ZIHUATANEJO
GUADALAJARA	141°	UJ27	322°	ZIHUATANEJO
MANZANILLO	302°	J1	120°	LOS CABOS
MANZANILLO	329°	V1 Y J141	149°	VALLARTA
URUAPAN	057°	UJ65 Y V17	239°	MORELIA
URUAPAN	076°	V34	257°	PESTEJE
URUAPAN	098°	UJ24 Y V26	279°	TEQUESQUITENGO
TOLUCA	265°	UJ18 Y V18	084°	URUAPAN
URUAPAN	133°	UJ3	314°	ACAPULCO
URUAPAN	156°	UJ7, V49 Y V3	336°	ZIHUATANEJO
URUAPAN	125°	UJ3-7 Y V3	306°	GUADALAJARA
GUADALAJARA	99°	V5 Y UJ12	281°	MORELIA
GUADALAJARA	282°	V14N Y UJ14N	071°	VALLARTA
GUADALAJARA	267°	V14 Y UJ14	086°	VALLARTA
GUADALAJARA	252°	V14S Y UJ14S	101°	VALLARTA
GUADALAJARA	295°	V3-5 Y UJ12	113°	TEPIC
GUADALAJARA	307°	UJ3	124°	MAZATLAN
GUADALAJARA	335°	UJ27 Y UJ7	154°	DURANGO
GUADALAJARA	006°	J42, V61W Y V26	185°	ZACATECAS
AGUASCALIENTES	208°	V61 Y UJ11	030°	GUADALAJARA
GUADALAJARA	044°	J25	224°	SAN LUIS POTOSI
GUADALAJARA	066°	V32	24 /°	LEON
GUADALAJARA	080°	V14 Y UJ14	262°	QUERETARO

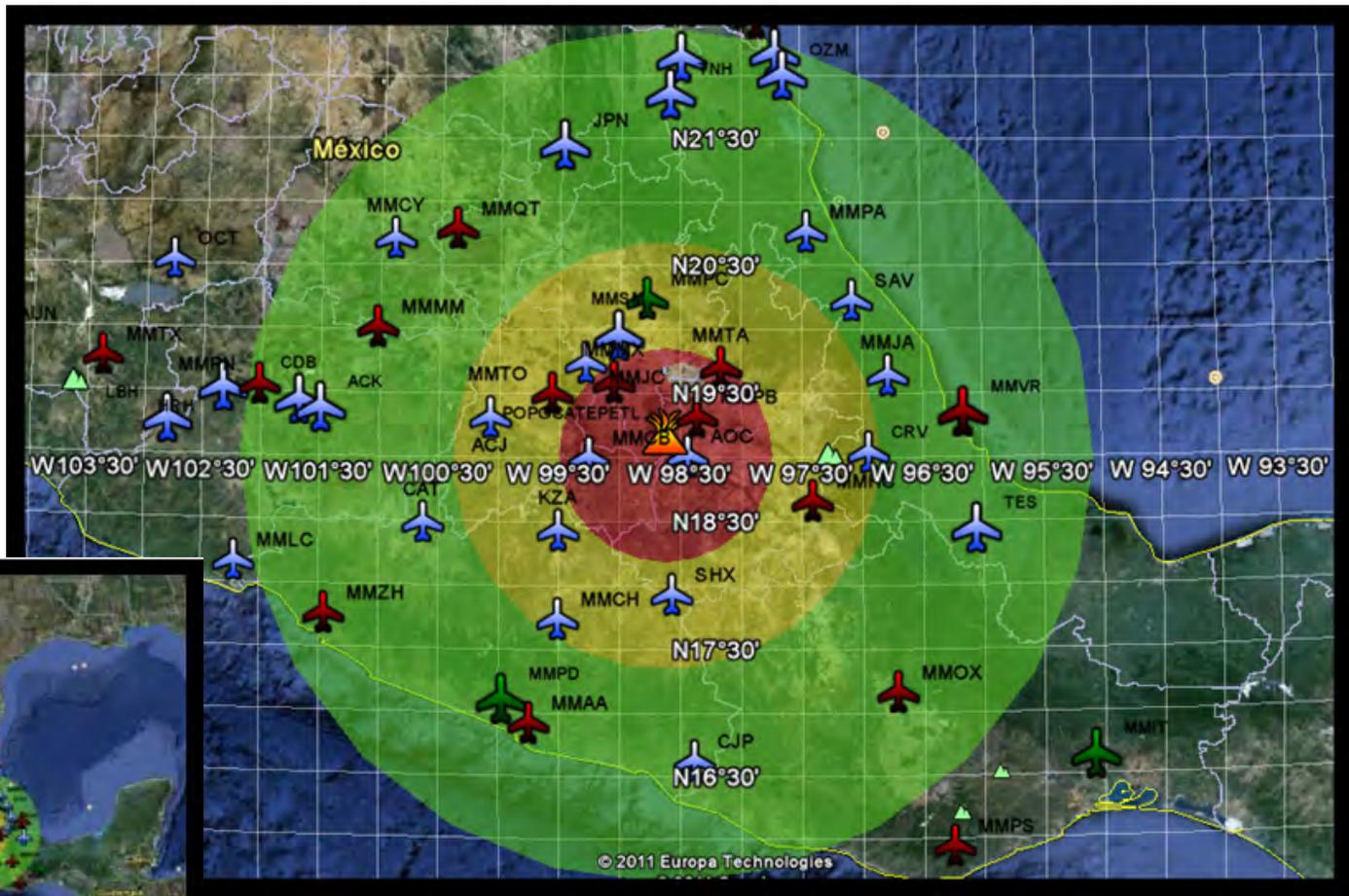
Aeropuertos alrededor del Volcán

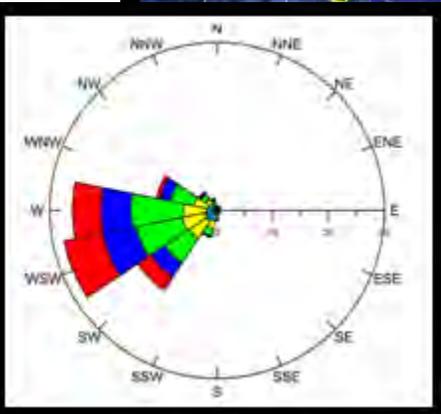
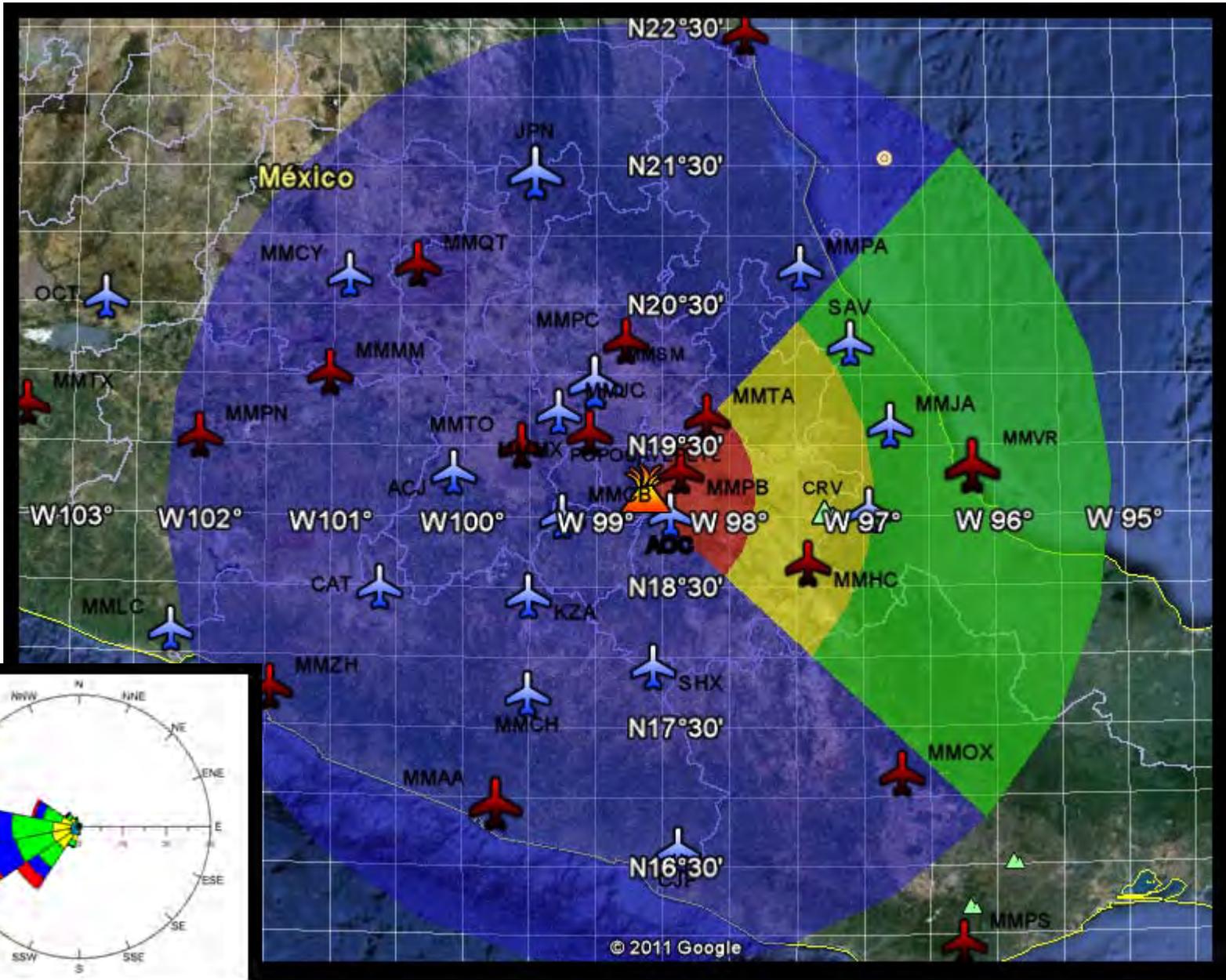
Aeropuerto	Categoría	No. de Operaciones Anuales
Aeropuerto de Aguascalientes "Jesús Terán"	Internacional	3090
Aeropuerto de Colima "Lic Miguel de la Madrid"	Nacional	1020
Aeropuerto de Guadalajara "Don Miguel Hidalgo"	Internacional	47840
Aeropuerto de León	Nacional	2950
Aeropuerto de Manzanillo "Playa de Oro"	Nacional	1100
Aeropuerto de Morelia "General Francisco J. Mujica"	Internacional	3620
Aeropuerto de Puerto Vallarta "Lic. Gustavo Díaz Ordaz"	Internacional	12530
Aeropuerto de Querétaro	Nacional	1575
Aeropuerto de Tepic	Nacional	695
Aeropuerto de Uruapan	Nacional	420
Aeropuerto de Zihuatanejo	Nacional	2820
Aeropuerto de Zacatecas	Nacional	2133
Aeropuerto de San Luis Potosi	Nacional	4263

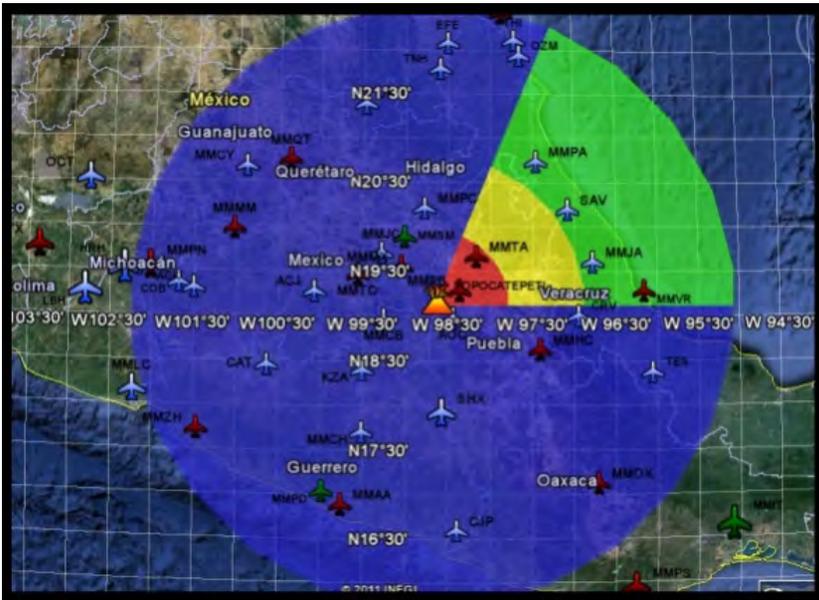
AEROPUERTO	LOCALIZACION	DISTANCIA NM
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE PUEBLA HERMANOS SERDAN	PUEBLA	16.51
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO BENITO JUÁREZ	CD. DE MEXICO	35.47
AEROPUERTO TLAXCALA	MORELOS	38
AEROPUERTO GRAL MARIANO MATAMOROS	TLAXCALA	40



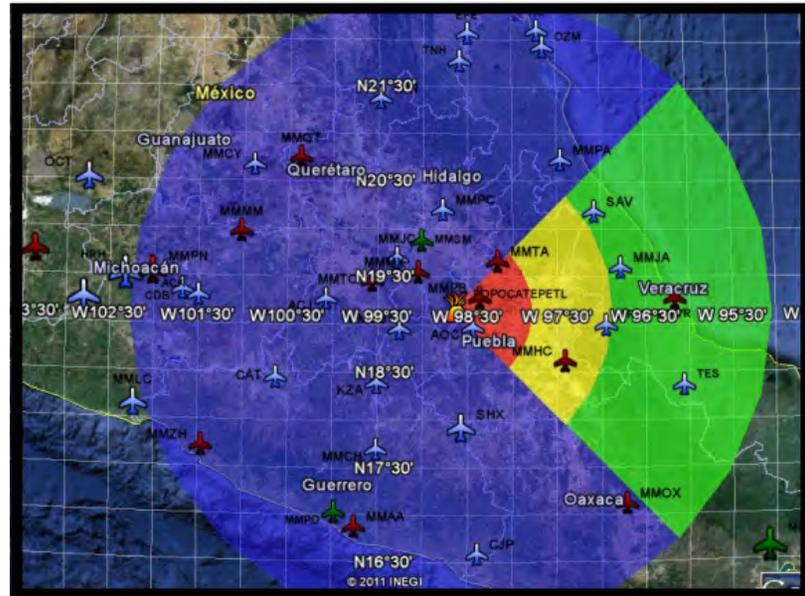
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE QUERÉTARO ING. FERNANDO ESPINOZA GUTIÉRREZ	QUERETARO	137.39
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE VERACRUZ GRAL. HERIBERTO JARA CORONA	VERACRUZ	138.86
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MORELIA GRAL. FRANCISCO J. MUJICA	MORELIA MICHOACAN	144.81
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ACAPULCO GRAL. JUAN M. ALVAREZ	ACAPULCO	149.95
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE OAXACA XOXOCOTLAN	OAXACA	162.33
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE ZIHUATANEJO IXTAPA-ZIHUATANEJO	GUERRERO	182.73
AEROPUERTO NACIONAL DE URUAPAN GRAL. IGNACIO LOPEZ RAYON	MICHOACAN	195.13
AEROPUERTO INTERNACIONAL DEL BAJÍO	GUANAJUATO	199.74
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAMPICO GRAL. FRANCISCO JAVIER MINA	TAMAULIPAS	200



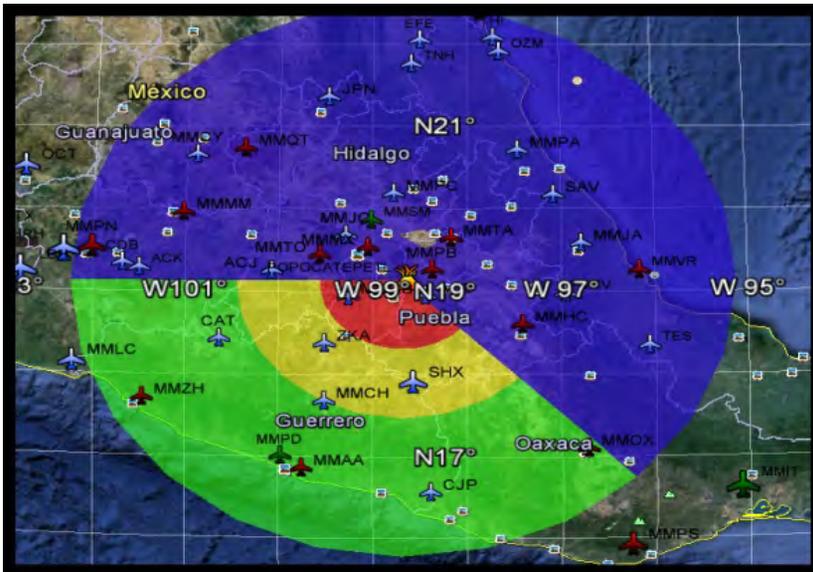




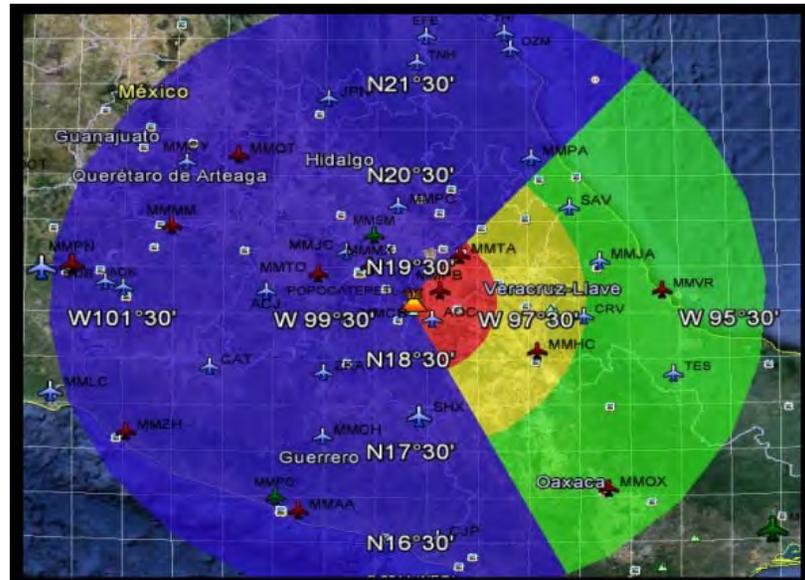
Enero - Febrero



Marzo - Mayo



Junio - Septiembre



Octubre - Diciembre

Gracias por su atención!!!

jjimeneze@ipn.mx
jjimeneze71@gmail.com

SEPI/ ESIME-Ticomán
IPN

