



COPAC

COLEGIO OFICIAL DE **PILOTOS**
DE LA AVIACIÓN COMERCIAL

COPAC

TURBULENCIA:

Sensación subjetiva vs estandarización

FCO. JAVIER VILLAR GARCÍA

VOCAL DEL COPAC

Turbulencia

Encuentro con turbulencia - **consecuencias:**

- **Incomodidad.**
- **Pérdidas económicas**, tanto para las aerolíneas como para sus clientes.
- **Accidentes**, casi siempre por **lesiones físicas** a las personas.

Turbulencia

Aunque habitual, **peligro potencial**.

Principal causa de lesiones sufridas a bordo de las aeronaves, en accidentes que no suponen la destrucción de la célula.

Los objetos mal estibados o mal asegurados se convierten en proyectiles.

25% de los vuelos que tiene un encuentro con turbulencia en el que se producen lesiones graves, se ve forzado a desviarse a un aeropuerto alternativo.

Heridos como consecuencia de la turbulencia



COPAC Heridos como consecuencia de la turbulencia



COPAC

Heridos como consecuencia de la turbulencia



Heridos como consecuencia de la turbulencia



COPAC

Heridos como consecuencia de la turbulencia



Según la Flight Safety Foundation

Turbulencia:

- Alrededor de 10.000 heridos cada año en todo el mundo.
- Coste anual para las compañías aéreas de unos 150 M \$.

CAT: ¿Rough Ride?

- Jetblue.
- Continental Airlines:
(2009) 1 died, several
injured
- American Airlines
1780: 15'' of Severe
Turbulence. 12
injured (5
hospitalized)
- 3 deaths by
turbulence in the last
30 years

http://www.youtube.com/watch?v=Jp_1O2RIYbw

CAT - Turbulencia en aire claro

¿Cuál va a ser su evolución en el futuro?

¿Influye el incremento de CO₂?

¿Cómo influirá el incremento de temperatura media de la atmósfera?

¿Aumentará la turbulencia en aire claro?

Turbulencia en Aire Claro. TAC

Las turbulencias en aire claro son especialmente difíciles de evitar porque los pilotos no las pueden detectar, ya que ni los satélites ni los radares que llevan a bordo los aviones pueden localizarlas.

Áreas extensas / Muy localizadas

Esperada (Pronosticada o notificada) / Inesperada

Progresiva / Súbita

Clasificación según su intensidad

OACI Anexo 3. "Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional" - Apéndice 4

"Se observará la turbulencia en función del régimen de disipación de la corriente en torbellino (EDR, eddy dissipation rate)."

2.6.1 Aeronotificaciones ordinarias

2.6.2 Interpretación del índice de turbulencia

2.6.3 Aeronotificaciones especiales

Clasificación según su intensidad

OACI Doc. 4444

Ligera: Cambios en las lecturas del acelerómetro menores de 0,5 g en el centro de gravedad de la aeronave.

Moderada: Cambios en las indicaciones del acelerómetro de 0,5 g a 1,0 g, en el centro de gravedad de la aeronave. Dificultad para caminar. Los objetos sueltos se desplazan.

Fuerte: Cambios en las indicaciones del acelerómetro, de 1,0 g o mayores, en el centro de gravedad. Los ocupantes sienten intensamente la presión de los cinturones de seguridad. Los objetos sueltos son lanzados.

Clasificación según su intensidad

FAA y AOPA

Turbulencia Ligera: La velocidad fluctúa hasta 15kt. Aunque los objetos están en reposo los pasajeros se ponen los cinturones.

Turbulencia Moderada: La velocidad fluctúa entre 15 y 25kt. El pasajero puede ser lanzado fuera del asiento, deben ajustarse cinturones.

Turbulencia Fuerte: La velocidad puede fluctuar más de 25 kt. El avión puede quedar fuera de control. El pasajero es movido violentamente, el tablero de instrumentos vibra fuertemente, los objetos sueltos son lanzados de un lugar a otro.

Turbulencia Extrema: Se produce raramente. El avión queda fuera de control y puede haber daños estructurales.

Clasificación según su intensidad

FAA

TABLE 1. The four main turbulence categories reported by pilots along with descriptions of the corresponding aircraft and passenger responses. Also listed are the approximate atmospheric turbulence intensities (in terms of the cube root of the eddy dissipation rate, $\epsilon^{1/3}$) that would induce such responses in Boeing 737 and 757 aircraft in cruise [adapted from Federal Aviation Administration (2012) and Lester (1994)].

Turbulence category	Aircraft response	Aircraft vertical acceleration magnitude (g)	Passenger experience	Approx $\epsilon^{1/3}$ ($m^{1/3} s^{-2}$) for B737 and B757 aircraft
Light	Momentarily causes slight, erratic changes in altitude and/or attitude (pitch, roll, yaw)	0.2–0.5	A slight strain against seat belts; unsecured objects may be displaced slightly; food service may be conducted with little difficulty walking	0.1–0.3
Moderate	Similar to light turbulence but greater intensity; changes in altitude, attitude, and/or airspeed occur; the aircraft remains in control at all times	0.5–1.0	Definite strain against seat belts; unsecured objects are dislodged; food service and walking are difficult	0.3–0.5
Severe	Large, abrupt changes in altitude, attitude, and/or airspeed; aircraft may be momentarily out of control	1.0–2.0	Occupants are forced violently against seat belts; unsecured objects are tossed about; food service and walking are impossible	0.5–0.7
Extreme	The aircraft is violently tossed about and is practically impossible to control; it may cause structural damage	> 2.0	Truly frightening	> 0.7

Clasificación según su intensidad

Descifrado Metar / Tafor USA:

Tabla de decodificación de la intensidad de la turbulencia

CODE	DECODE
0	None
1	Light turbulence
2	Moderate turbulence in clear air, occasional
3	Moderate turbulence in clear air, frequent
4	Moderate turbulence in cloud, occasional
5	Moderate turbulence in cloud, frequent
6	Severe turbulence in clear air, occasional
7	Severe turbulence in clear air, frequent
8	Severe turbulence in cloud, occasional
9	Severe turbulence in cloud, frequent
X	Extreme turbulence

Note: Occasional is defined as occurring less than 1/3 of the time

Turbulencia - Procedimientos Operativos. 1

- Evitar CB
- Preferible cambiar de FL a cambio de ruta
- Mantener valores de separación mínimos entre tráficos para evitar la turbulencia de estela.
- Utilización adecuada del radar meteorológico
- Intercambio bidireccional de información con tripulación auxiliar.

Turbulencia - Procedimientos Operativos. 2

- Preparar el avión:
 - Configuración
 - Velocidad
 - Sistemas y motores

- Preparar a la tripulación:
 - Avisar y dar instrucciones al pasaje

Turbulencia - Procedimientos Operativos. 3

- Valorar separación mínima con los núcleos tormentosos
- Mantener el necesario margen con el terreno
- Adelantarse al encuentro con onda de montaña

Turbulencia - Procedimientos Operativos. 4

- Se tendrá en cuenta la turbulencia asociada a Corrientes en Chorro y su distribución alrededor del eje de éste.
- Se gestionará adecuadamente las aceleraciones generadas por la turbulencia.

Turbulencia - Procedimientos Operativos. 5

- Se utilizarán los automatismos del avión en la manera que establezca el M.O. (B)
- Se notificará a ATC el encuentro con turbulencia superior a ligera.
- Se anotará en el Parte de Vuelo, detallando los efectos que se han producido sobre el avión.
- El Comandante podrá tomar las medidas que considere oportunas.

CAT - Turbulencia en aire claro

Un ejemplo:

Iberia 6117. 16 de mayo de 2014

Madrid (LEMD)- Miami (KMIA) A-333

+ - 42N 046W @ + - 18:50 UTC

CAT - Turbulencia en aire claro

(Video)

AutoBriefing / Carpeta de Vuelo

IBERIA L.A.E. - DOIOTAV/Despacho de Vuelos

IBE 6117 MAD/MIA ETD 14:25 UTC ECLUK PKN 541 16MAY14 DIS

Generado: 16/05/2014 11:34 UTC

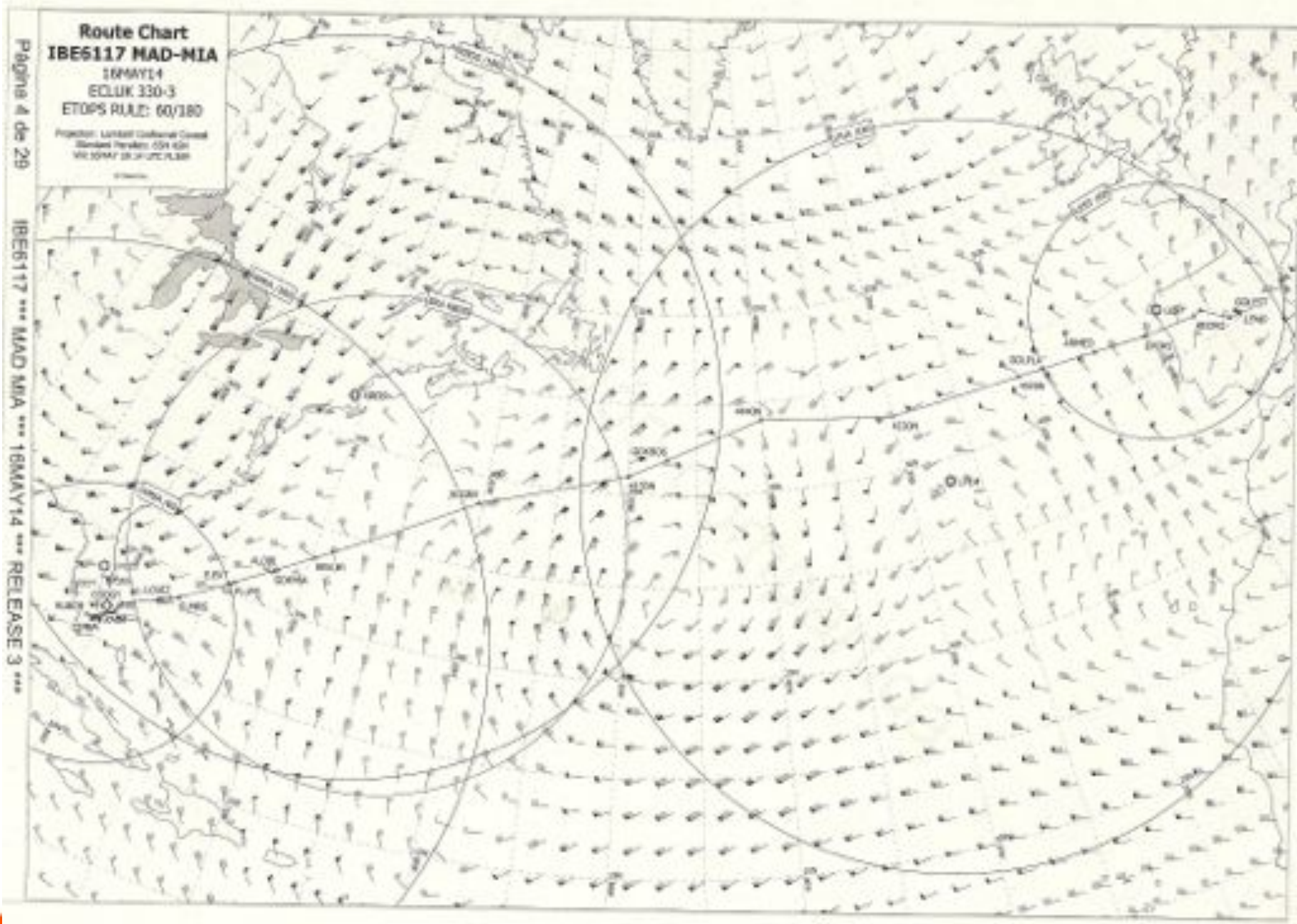
TRE6117 MAD-MIA 16MAY14 ECLUK 330-3



IBE6117 MAD-MIA 16MAY14 ECLUK 330-3

PGAE05 EGRH 180000





16MAY14 IBE6117 MAD-MIA

MYNN -NAS - NASSAU / BAHAMAS

09/27 8273 14/32 11390

SA 161100Z 14004KT 9999 FEW015CB SCT016TCU 24/22 A2999 RMK

CB/E. TCU/SE-

FT 161050Z 1612/1712 18015KT 9000 SHRA FEW016CB BKN018 BKN080
PROB30

TEMPO 1612/1618 19015G25KT 4800 TSRA SCT012CB OVC030-

LECM - - MADRID

WA 150930Z 1 VALID 151000/151400 LEMM-

LECM MADRID FIR/1 MOD MTW FCST ABV PIRINEOS SFC/FL120 STNR NC

LPPC - - LISBOA

WS 160935Z 4 VALID 160935/161130 LPPT-

LPPC LISBON FIR EMBD TS FCST N OF N3830 S OF N4000 AND E OF
W00930

TOP FL300 STNR NC

LPPO - - SANTA MARIA

WS 160902Z 5 VALID 160902/161300 LPPT-

LPPO SANTA MARIA FIR SEV TURB FCST W OF LINE N4000 W04000 -
N4500

W03630 FL220/370 STNR WKN

KZNY - - NEW YORK

WS 160840Z INDIA 1 VALID 160840/161240 KKCI-

NEW YORK OCEANIC FIR SEV TURB FCST WI N4500 W04000 - N3000
W04000

- N3615 W04330 - N4500 W04545 - N4500 W04000. FL280/400. STNR.
INTSF.

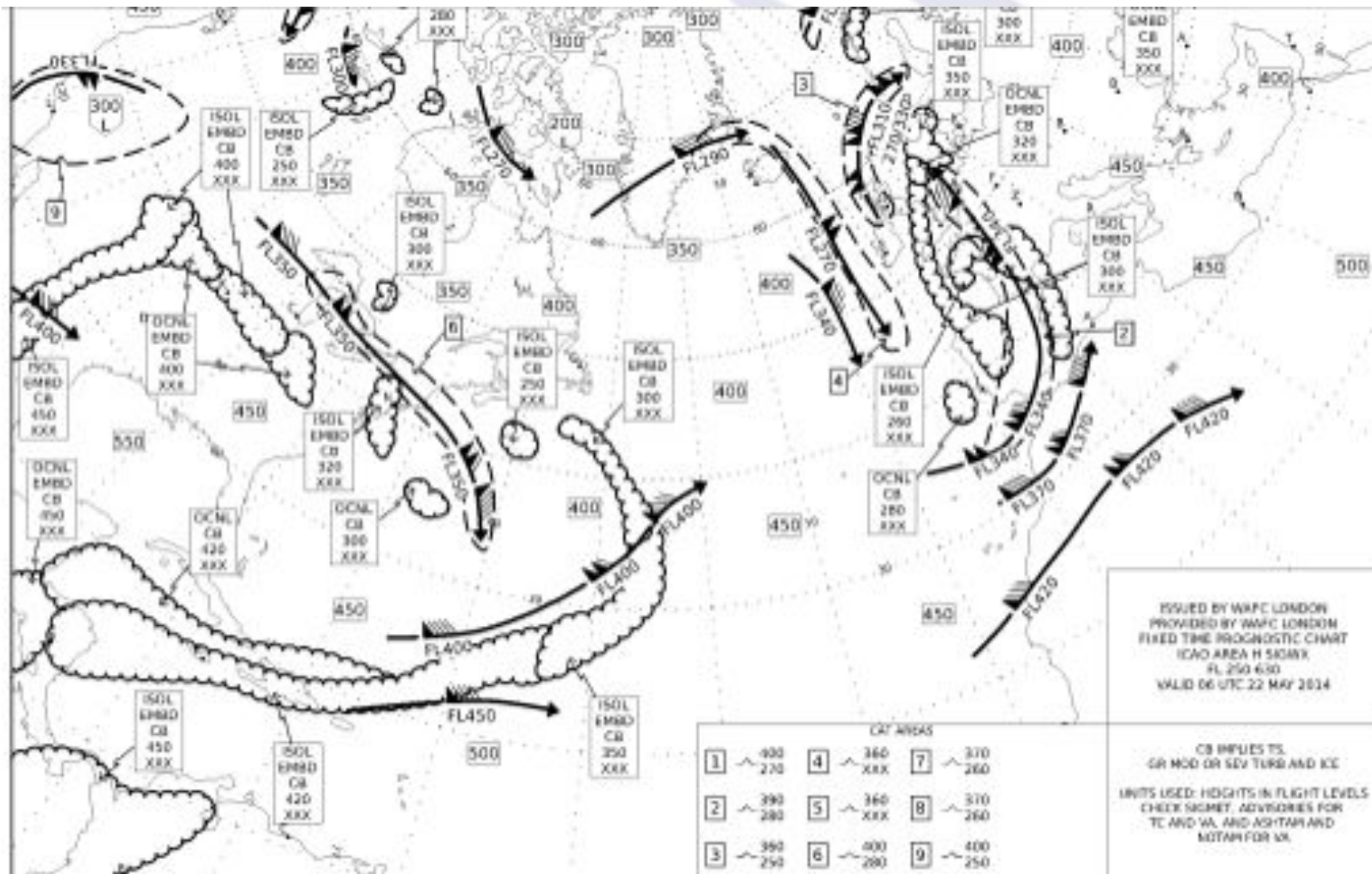
CAT - Turbulencia en aire claro

Otro ejemplo:

Iberia 6118. 22 de mayo de 2014

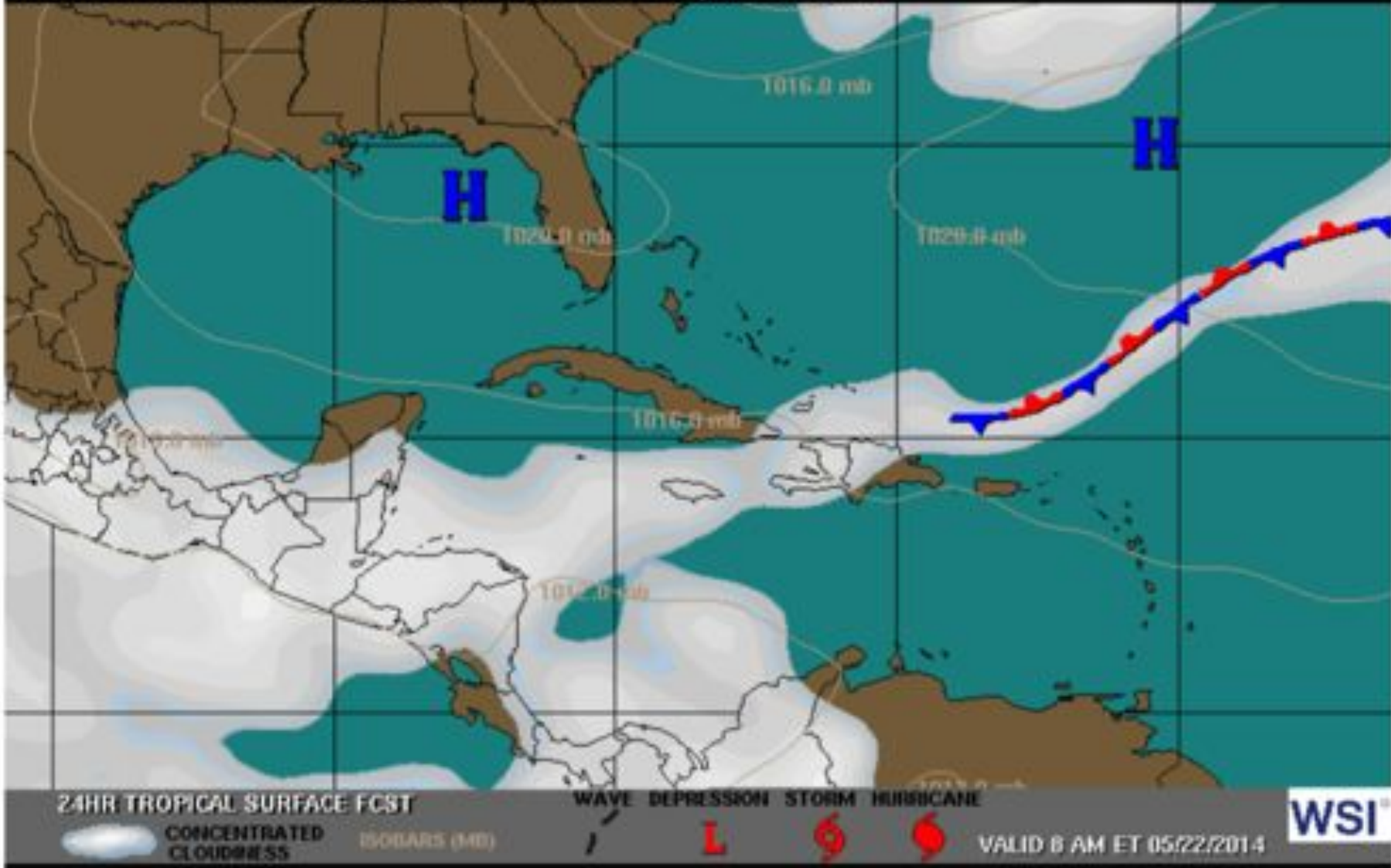
Miami (KMIA) - Madrid (LEMD) A-333

+ - 28N063W @ + - 04:20 UTC



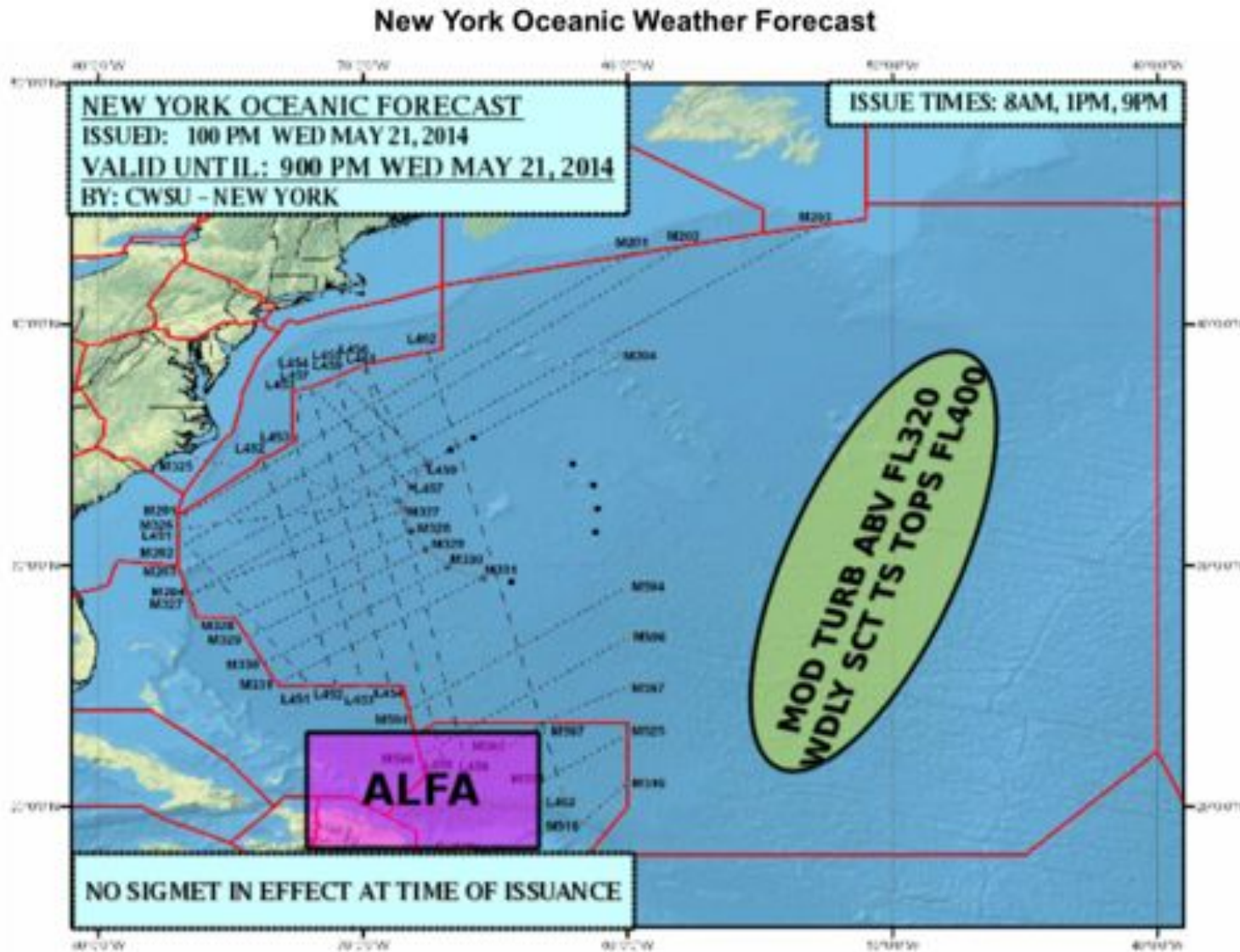
Intellicast Atlantico Prevision en Superficie

12:00 22-MAY-2014 GMT ©Copyright WSI Corporation <http://www.wsi.com>

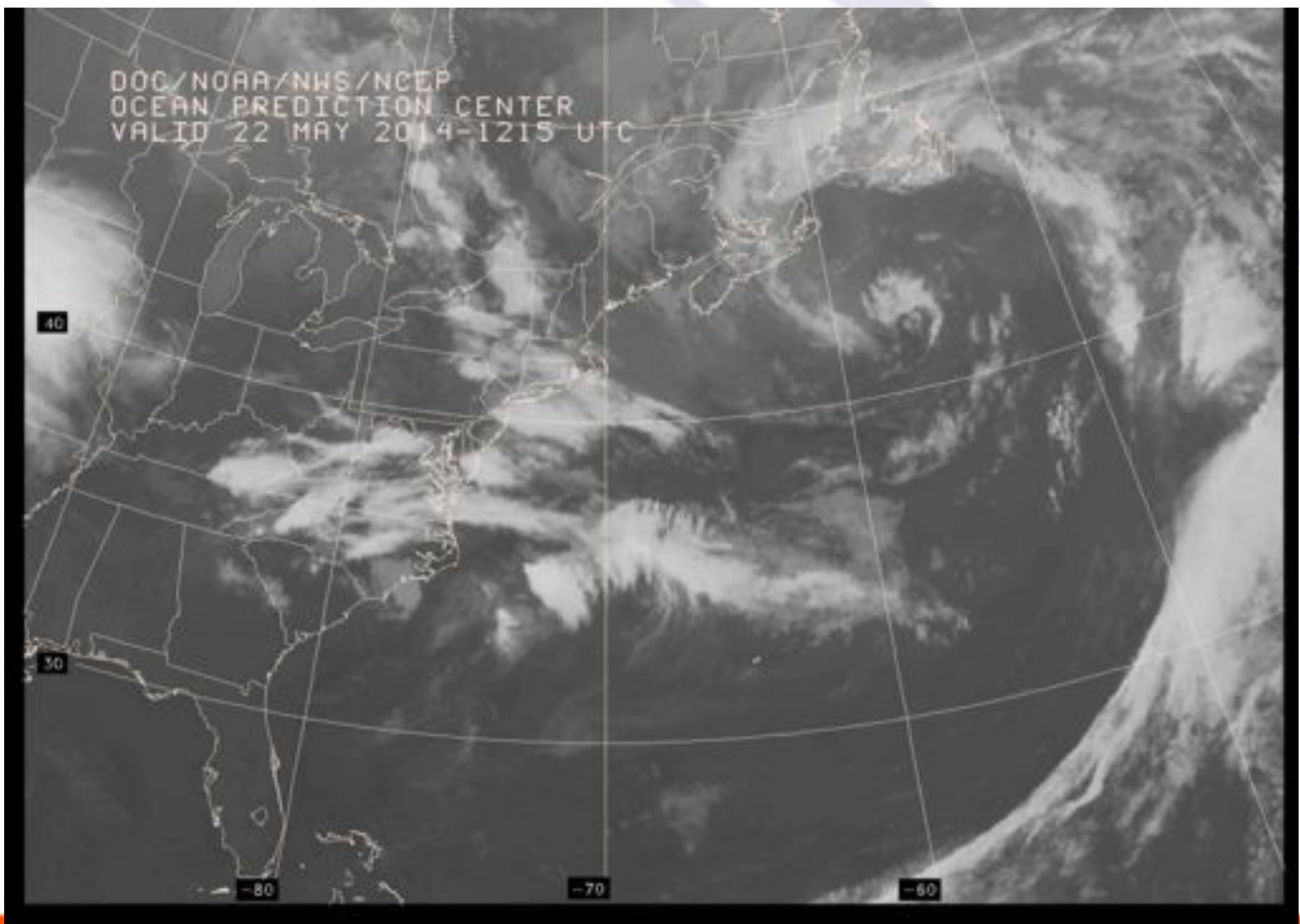


CAT - Turbulencia en aire claro

Sigmat del día anterior:



DOC/NOAA/NWS/NCEP
OCEAN PREDICTION CENTER
VALID 22 MAY 2014-1215 UTC



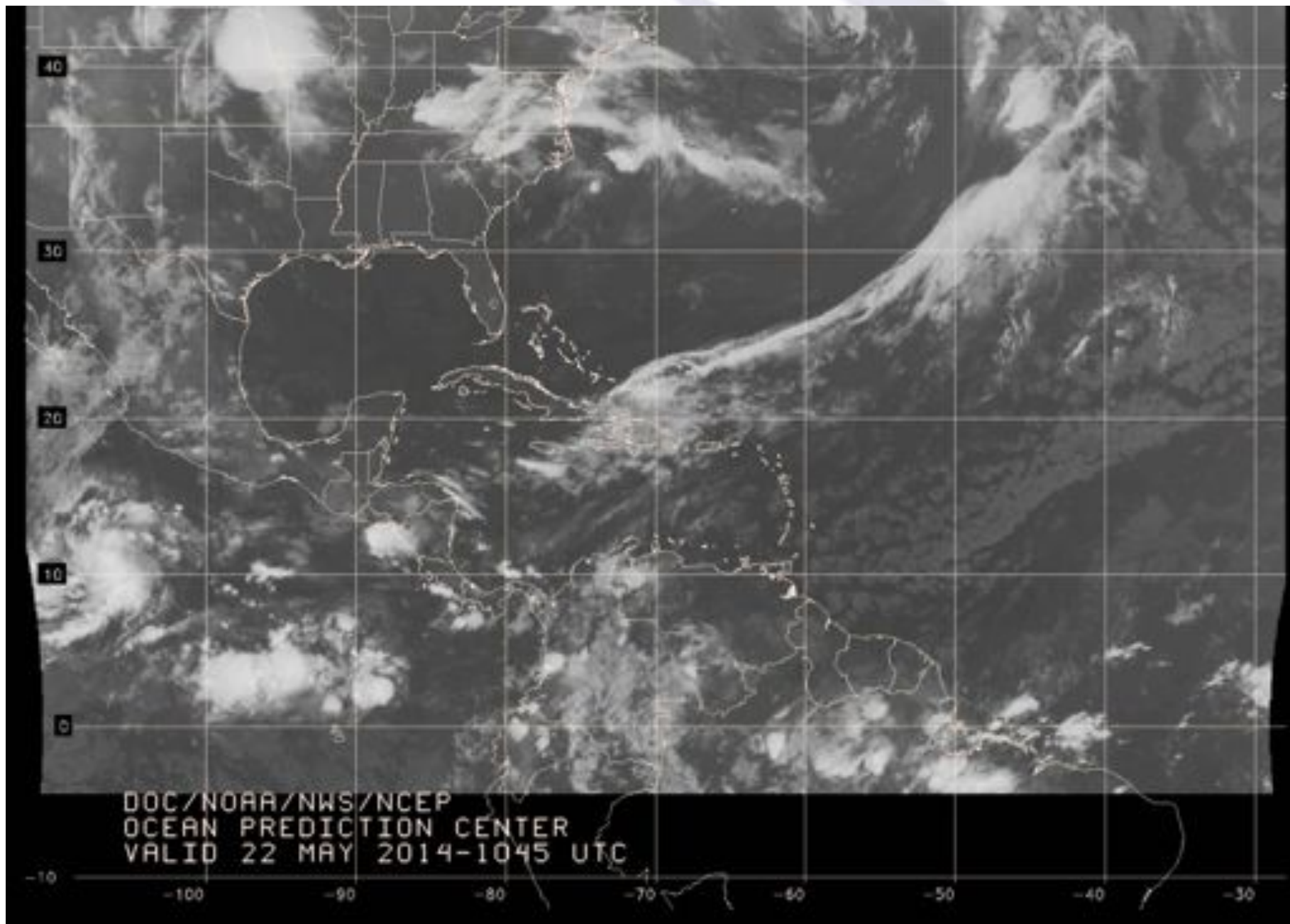
40

30

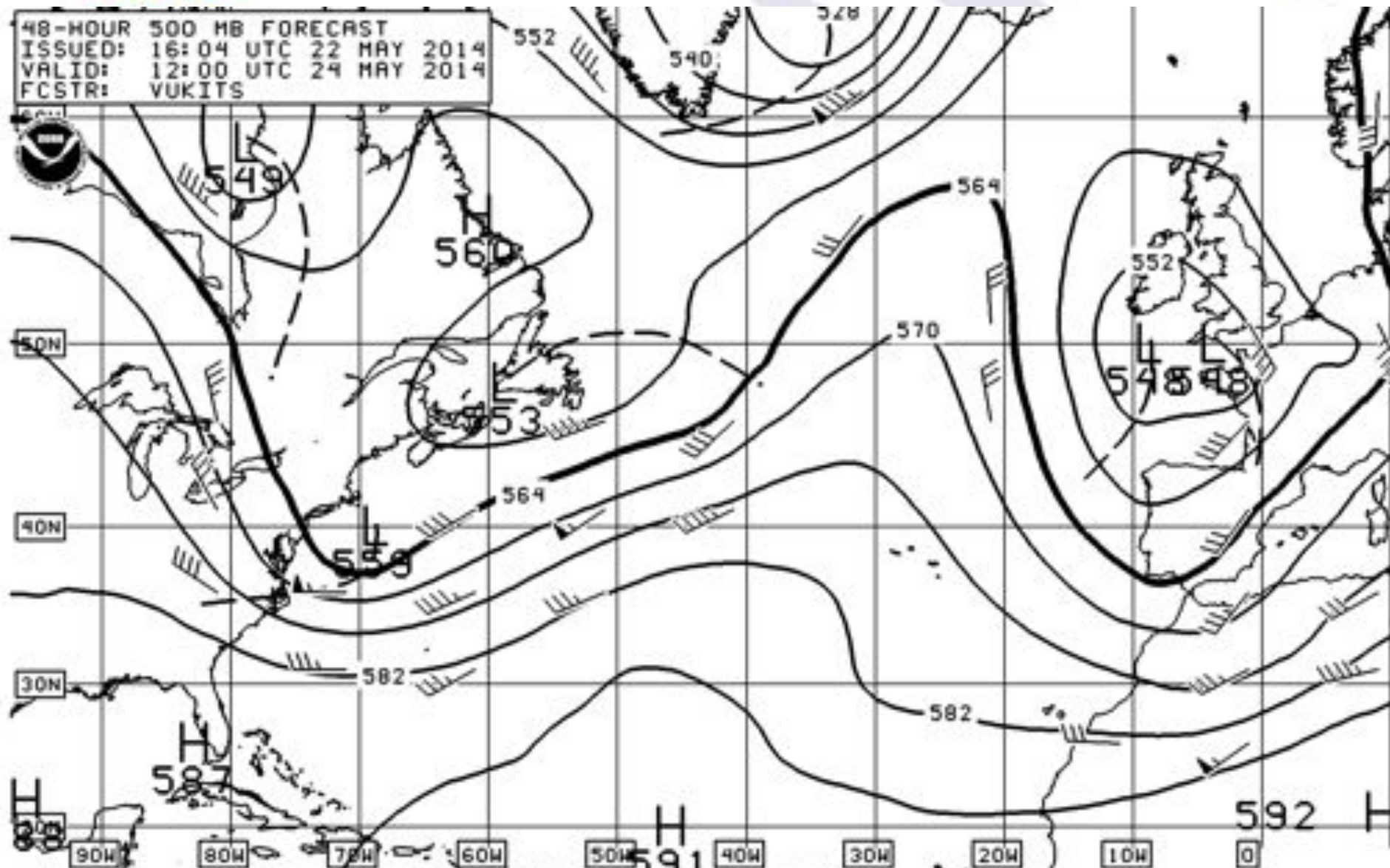
-80

-70

-60

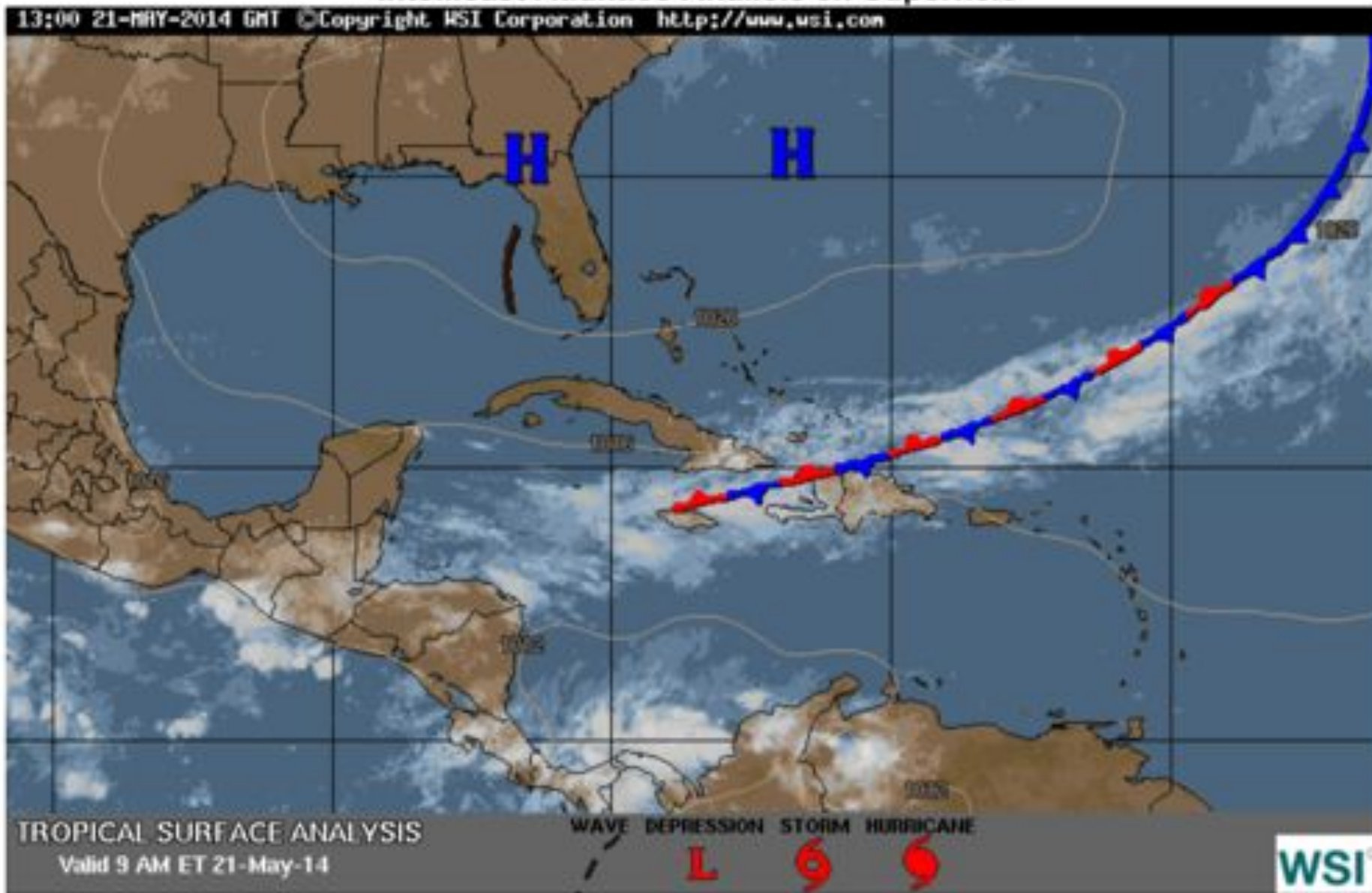


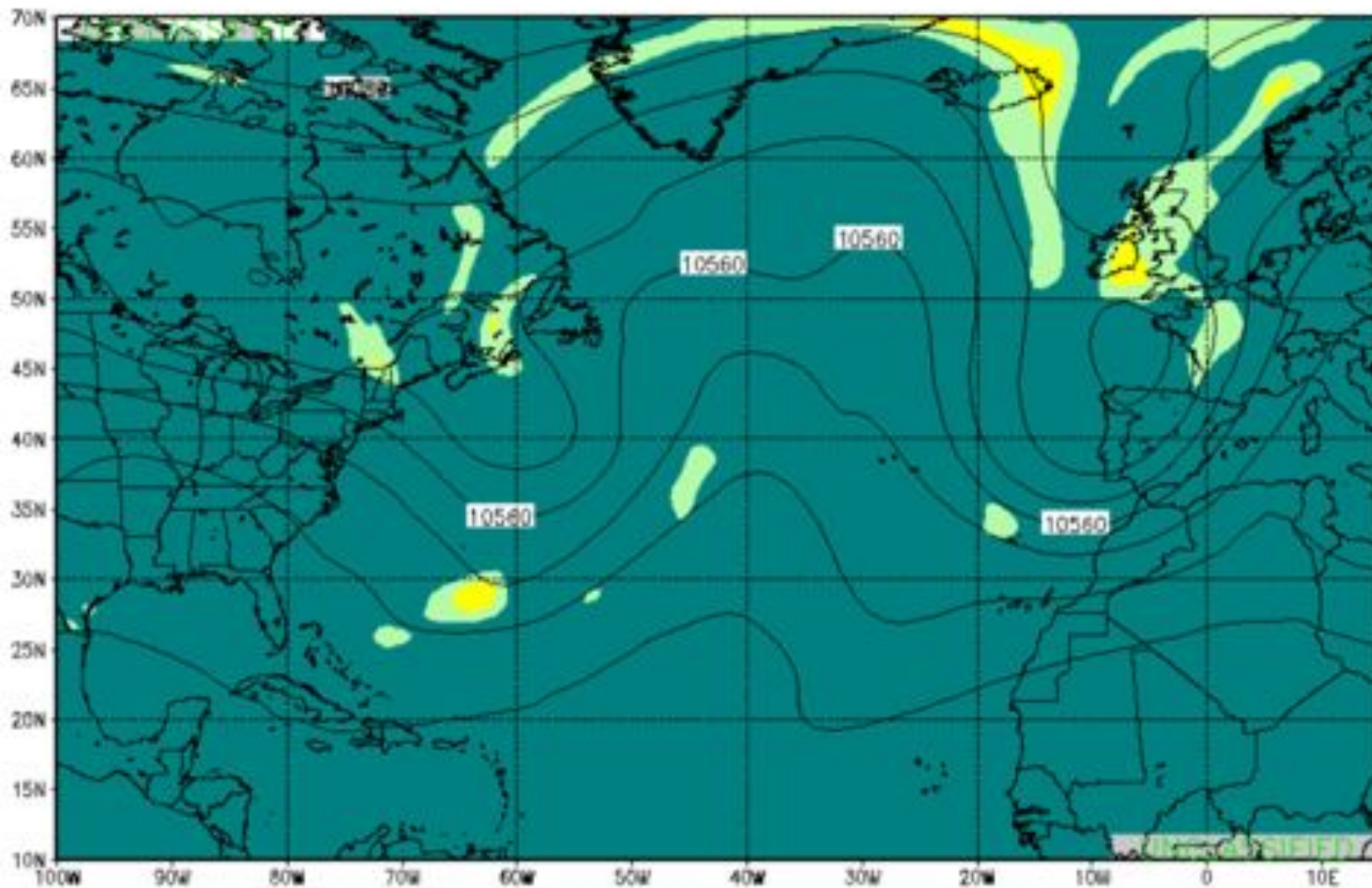
48-HOUR 500 MB FORECAST
 ISSUED: 16:04 UTC 22 MAY 2014
 VALID: 12:00 UTC 24 MAY 2014
 FCSTR: VUKITS



NWS/NCEP - Ocean Prediction Center
www.opc.ncep.noaa.gov

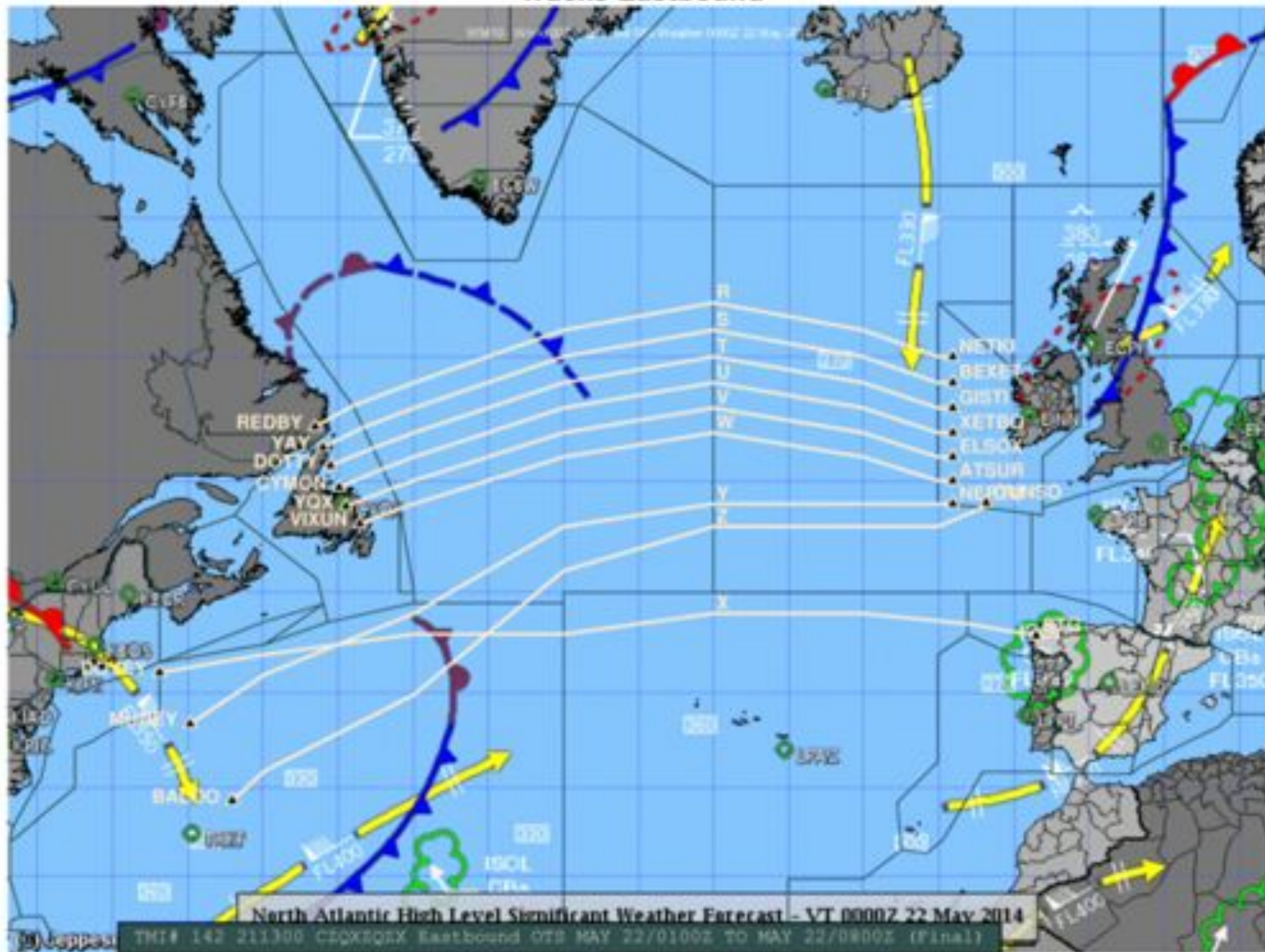
Intellicast Atlantico Analysis en Superficie





VT: Thu 00Z 22 MAY 14
 FNNOC NAVGEM (U): 30Kft-38Kft CAT [prob moderate turb]/ 250 mb Hts [gpm]
 Run: 2014052112Z Tot: 12

Approved for public access. Distribution is unlimited.



COPAC

CAT - Turbulencia en aire claro

(Video)

CAT - Turbulencia en aire claro

¿Son totalmente fiables los pronósticos?

¿Se cumplen siempre?

¿Podemos sacar alguna conclusión sobre los ejemplos anteriores?

El formato actual de los SIGMET y Mapas de Tiempo Significativo, en cuanto a la turbulencia ¿Se puede mejorar?

CAT - Turbulencia en aire claro

¿Son totalmente fiables los PiReps?

Relevancia, notificación e interpretación actual de los PiReps

CAT - Turbulencia en aire claro

¿Se pueden mejorar las previsiones?

Los estudios actuales empiezan a replantearse los anteriores modelos numéricos.

RECENT ADVANCES IN THE UNDERSTANDING OF NEAR-CLOUD TURBULENCE

BY TODD P. LANE, ROBERT D. SHARMAN, STANLEY B. TRIER, ROBERT G. FOVELL, AND JOHN K. WILLIAMS

Advances in numerical modeling and new observations are providing valuable information about turbulence near thunderstorms and are paving the way for the development of new turbulence avoidance and forecasting strategies for the aviation industry.

On 20 July 2010, a Boeing 777 en route from Washington, D.C. to Los Angeles encountered severe turbulence over Missouri; the aircraft was diverted to Denver to treat 17 passengers and 4 crew members who suffered injuries (National Transportation Safety Board 2010). This event provides an example of the possible consequences of unexpected turbulence encounters in the vicinity of convection, which can catch aircraft flight crews and passengers

unprepared and increase the likelihood of turbulence-related injuries during flight. Although turbulence encounters with tens of injuries are uncommon, occurring on average only a few times per year, they underline the significant hazard that turbulence poses to the aviation industry. In addition to the hundreds of worldwide annual injuries, turbulence indirectly increases air travel costs because it is responsible for tens of millions of dollars in annual costs to airlines (Kauffmann and Sousa-Poza 2001; Eichenbaum 2003; Sharman et al. 2006). For these reasons, turbulence is avoided when possible using a combination of forecasts and en route tactical avoidance procedures. However, these methods are outdated and enhancements to them are stalled, partly because scientists do not fully understand the turbulence generation mechanisms. Nevertheless, significant progress is being made as a result of new turbulence observations and databases, and enhancements in numerical modeling capabilities. This article outlines this recent progress, with particular focus on turbulence near thunderstorms and provides insights for better turbulence avoidance strategies.

The specific purpose of this article is to 1) describe some of the recent findings about the dynamics underlying the generation of turbulence by thunderstorms, and identify the outstanding problems;

AFFILIATIONS: LANE—School of Earth Sciences and ARC Centre of Excellence for Climate System Science, The University of Melbourne, Melbourne, Australia; SHARMAN, TRIER, AND WILLIAMS—National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado; FOVELL—University of California, Los Angeles, Los Angeles, California.

CORRESPONDING AUTHOR: Todd P. Lane, School of Earth Sciences, The University of Melbourne, Melbourne, VIC 3010, Australia
E-mail: tplane@unimelb.edu.au

The abstract for this article can be found in this issue, following the table of contents.

DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00062.1

A supplement to this article is available online (10.1175/BAMS-D-11-00062.2)

In final form 20 September 2011
©2012 American Meteorological Society

Clasificación de la Turbulencia en grados

¿Nos resulta realmente útil una clasificación de solamente tres o cuatro grados?

¿Es lo mismo una variación de "g" de 0,2 que 0,4?

¿Es lo mismo una variación de "g" de 0.5 que 1?

¿Es lo mismo una variación de "g" de 1,1 que 4?

¿Nuevos productos?

Posible nueva presentación de probabilidades de turbulencia, en una escala numérica en función de FL para un área determinada:

	n	n	n	n	n	n	n	n	n
FL	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FL	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FL	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FL	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FL	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FL	%	%	%	%	%	%	%	%	%
FL	%	%	%	%	%	%	%	%	%

n: Factor turbulencia en escala numérica amplia y objetiva

FL: Nivel de vuelo

?: Porcentaje de probabilidad por nivel de vuelo para cada grado en la escala de turbulencia

CAT - Turbulencia en aire claro

Necesidad de I + D + i

S. XXI. RVSM, SESAR, ACDM, NextGen

- Necesidad de:

- Información más precisa y actualizada
- Mayor integración de las condiciones meteorológicas con ATM

- Toma de decisiones:

- Más rentables
- Más eficaces
- Más seguras

**Muchas gracias
por su atención**