

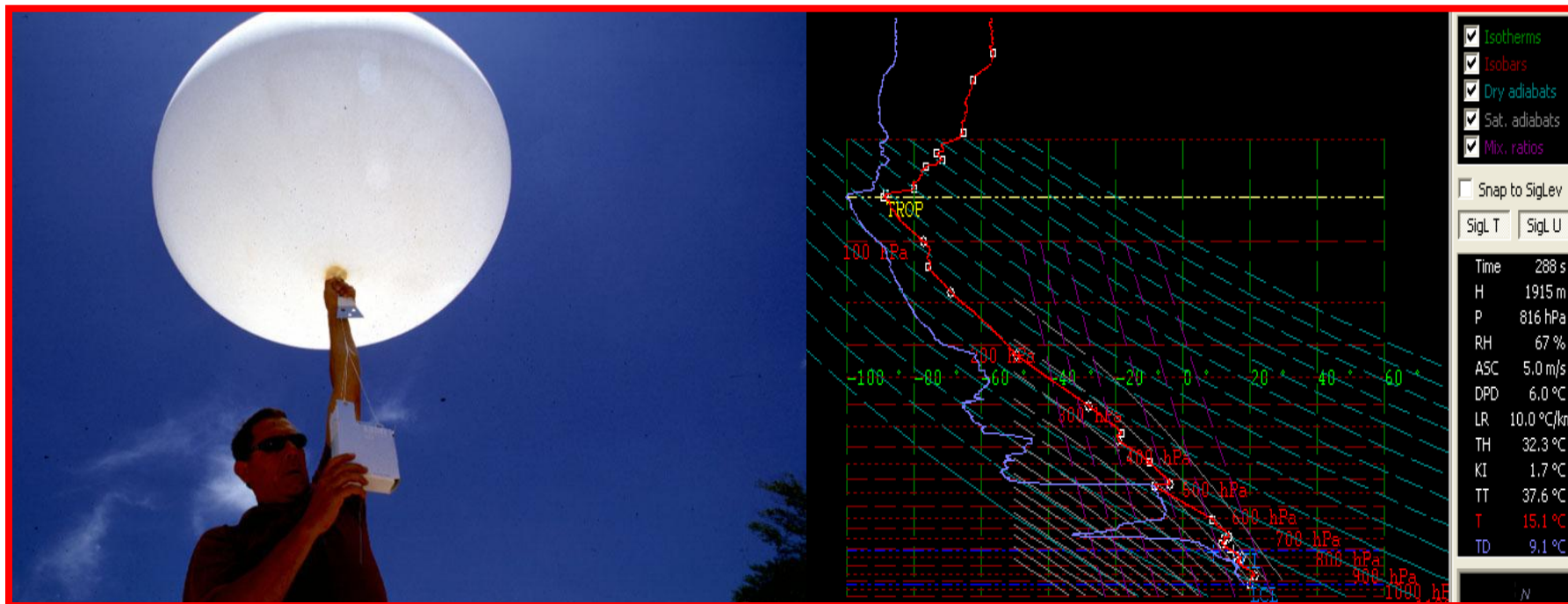
SERVICIO DE METEOROLOGÍA DE LA AVIACIÓN MILITAR BOLIVARIANA



**CIENCIA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD Y
LA REVOLUCIÓN BOLIVARIANA**



RADIOSONDEOS EN VENEZUELA Y SU INTERPRETACIÓN



CAP. HÉCTOR VÁSQUEZ
vasquezhector@hotmail.com



- ❖ **RADIOSONDEO Y SU IMPORTANCIA.**
- ❖ **ESTACIONES DE RADIOSONDEOS EN VENEZUELA.**
- ❖ **DIAGRAMA TERMODINÁMICO .**
- ❖ **INTERPRETACIÓN .**
- ❖ **CURVA TEÓRICA , ÍNDICES DE INESTABILIDAD.**



RADIOSONDEO

Es un instrumento que se lanza a la atmósfera y que sirve para medir los valores de las variables atmosféricas sobre un área determinada, tales como: temperatura, presión, humedad, velocidad y dirección del viento. En mas de 900 puntos alrededor del mundo llevan a cabo este proceso y Venezuela no es la excepción.



La radiosonda fue inventada por el meteorólogo ruso Molcanov en 1928 y representó una revolución de gran importancia en el sistema de sondeo del aire en altura

Cap. Héctor Vásquez.

Permite determinar:

- El gradiente vertical de temperatura
- Humedad a diferentes altitudes
- Dirección e intensidad del viento
- El grado de estabilidad/inestabilidad de la atmósfera



- Probabilidad de la ocurrencia de tormentas eléctricas



- Nivel de estela
- Nivel de las bases de las nubes por ascenso forzoso



- Nivel de las bases y topes de nubes convectivas
- Ocurrencia de ráfagas

IMPORTANCIA

(Eficaz herramienta para realizar pronósticos a corto plazo)



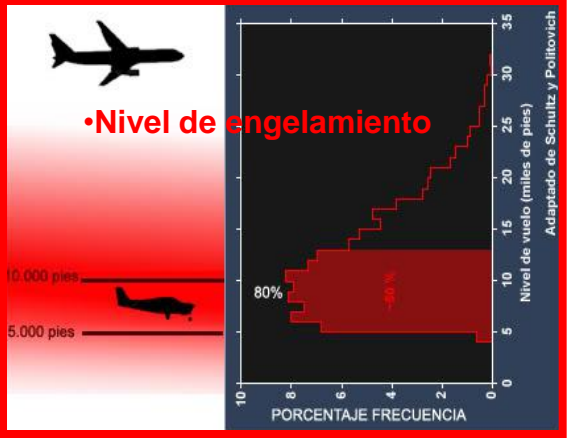
- Probabilidad de la ocurrencia de tornados



- Probabilidad de la ocurrencia de granizo



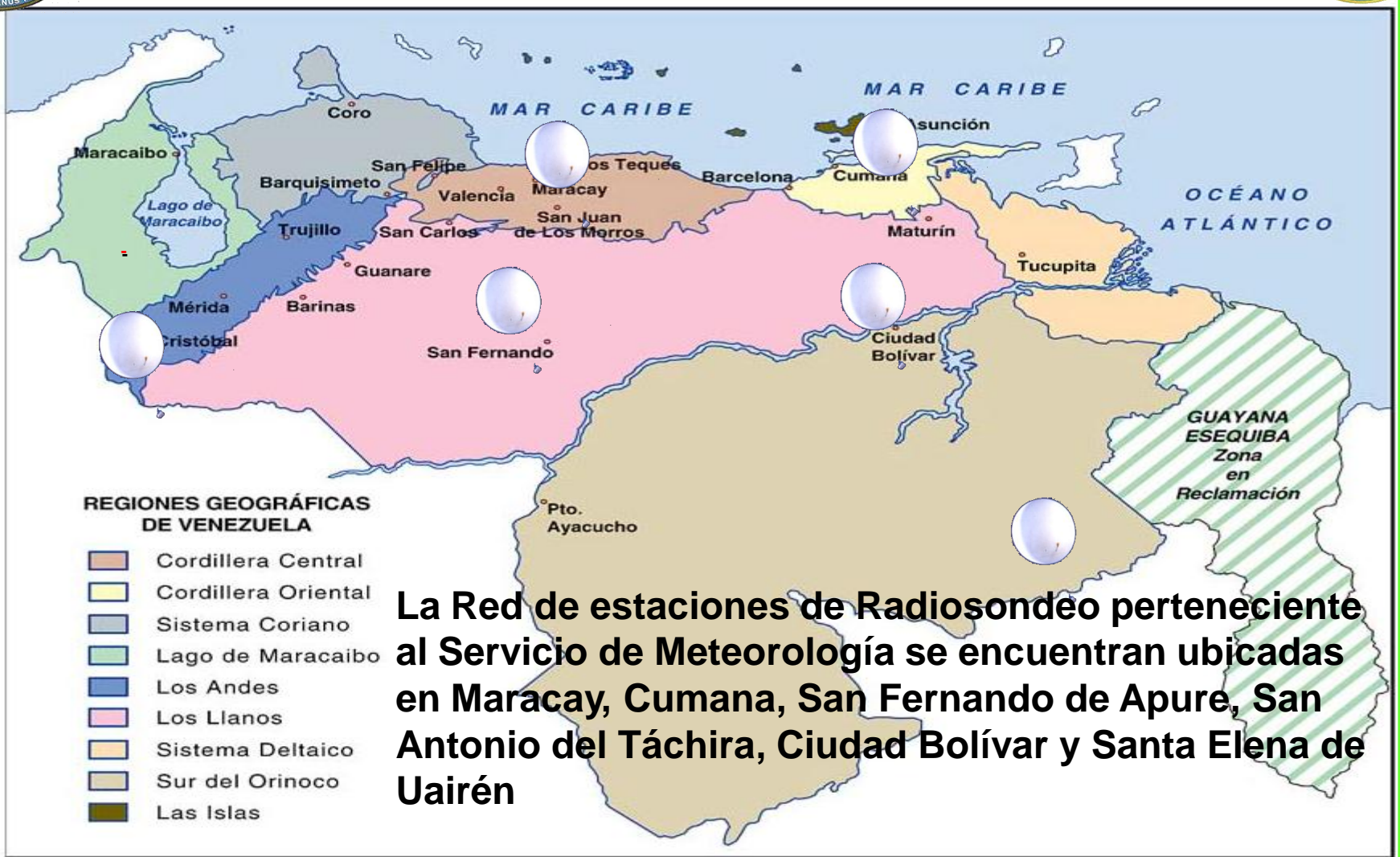
- Temperatura de disparo
- Energía potencial disponible



- Nivel de englamiento



ESTACIONES DE RADIOSONDEOS

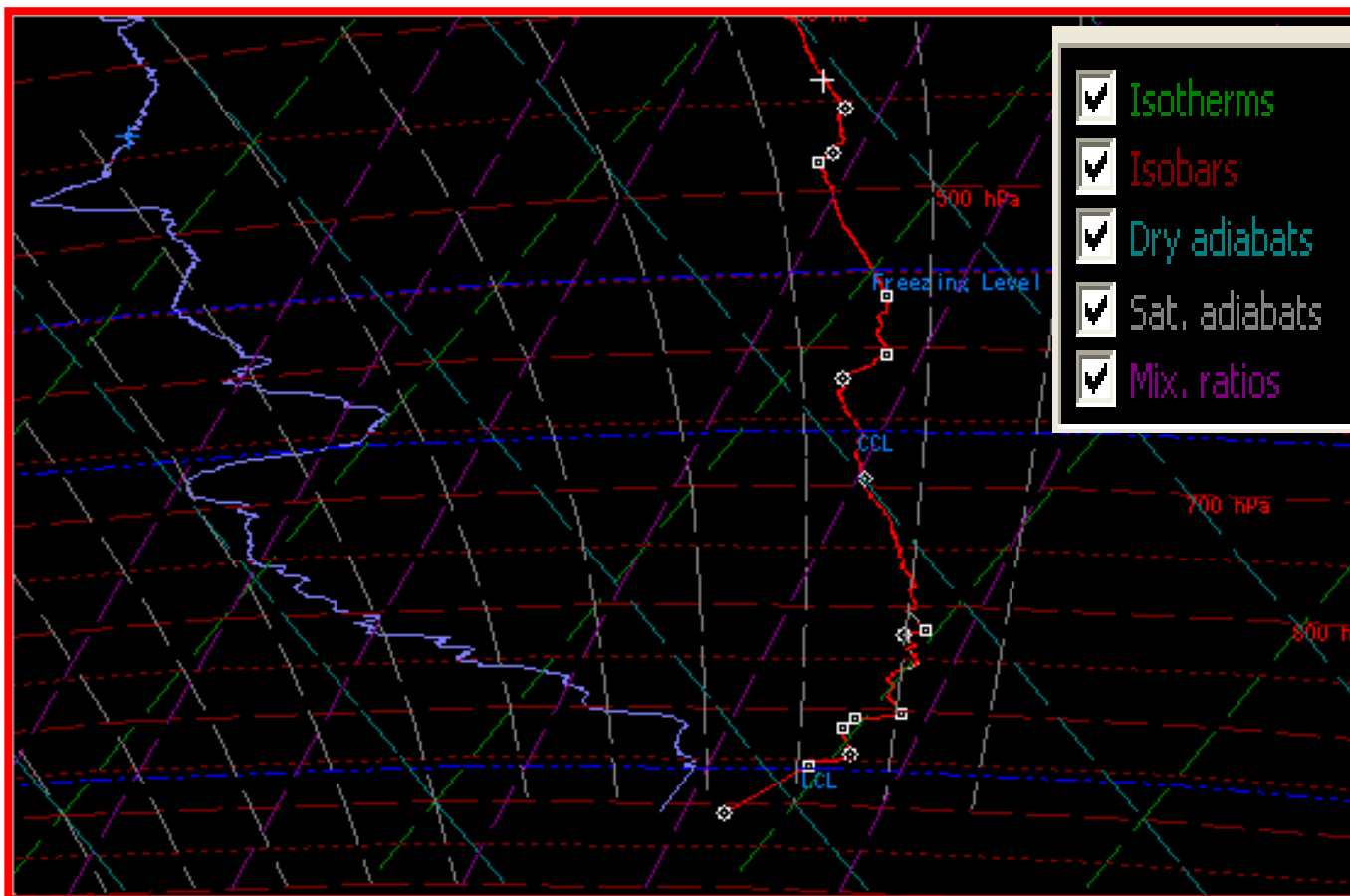




DIAGRAMAS TERMODINAMICOS.

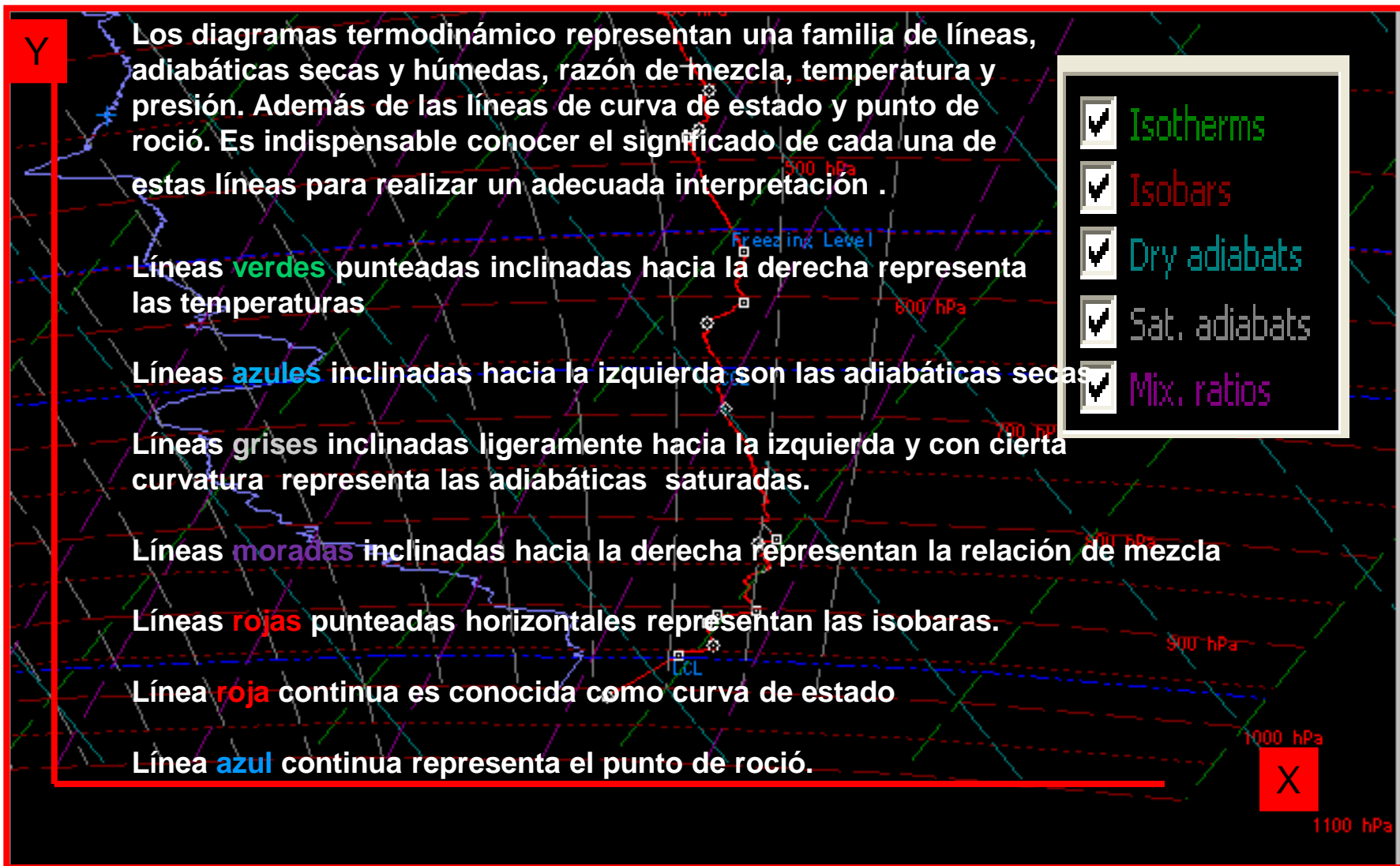


Es la gráfica que representa el comportamiento vertical termodinámico de una porción de atmósfera definida por tres variables : presión, temperatura y humedad .





DESCRIPCION. EJES DEL DIAGRAMA.



LÍNEAS DEL ADIABÁTICO SECO

Son rectas diagonales paralelas, según el tipo de diagrama de estado utilizado. Representan el enfriamiento de la burbuja de aire que asciende que no se encuentra saturada. El gradiente del adiabático seco es $9,8^{\circ}\text{C}$ por cada 1000 metros o $0,98^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros.

Los movimientos verticales del aire tanto en las adiabáticas secas como saturadas están considerados por el método de la partícula :

- La partícula no se mezcla con el medio ambiente y, por lo tanto, conserva su identidad (procesos adiabáticos)
- Los desplazamientos de la partícula no provocan movimientos de compensación en el medio ambiente



CURVAS DEL ADIABATICO SATURADO

Representan la variación de la temperatura en función de la presión de una muestra de aire saturado que sufre un proceso adiabático saturado, es decir, representa la burbuja de aire que asciende una vez este saturada.

El gradiente del adiabático saturado es de 6°C por cada 1000 metros o $0,6^{\circ}\text{C}$ por cada 100 metros.

- Isotherms
- Isobars
- Dry adiabats
- Sat. adiabats
- Mix. ratios

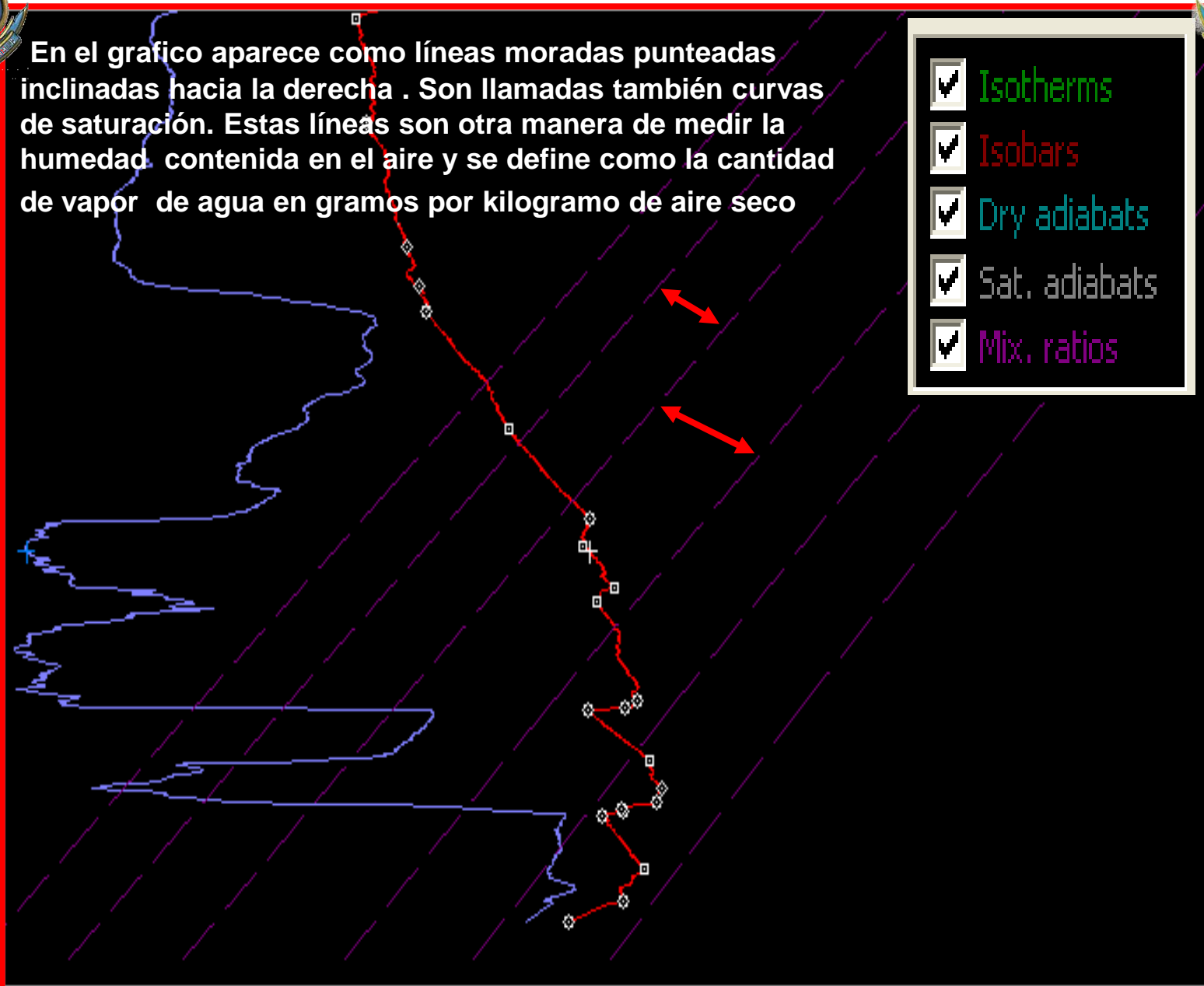
Nótese que el enfriamiento del aire en las adiabáticas saturadas es menor que en las adiabáticas secas, esto se explica porque el aire que sube por las adiabáticas saturadas ha experimentado el proceso de condensación, y este proceso libera energía en forma de calor lo que hace que el enfriamiento de la masa de aire se vea suavizado



RELACION DE MEZCLA

En el grafico aparece como líneas moradas punteadas inclinadas hacia la derecha . Son llamadas también curvas de saturación. Estas líneas son otra manera de medir la humedad contenida en el aire y se define como la cantidad de vapor de agua en gramos por kilogramo de aire seco

- Isotherms
- Isobars
- Dry adiabats
- Sat. adiabats
- Mix. ratios





INTERPRETACIÓN DE LOS DIAGRAMAS TERMODINAMICOS.

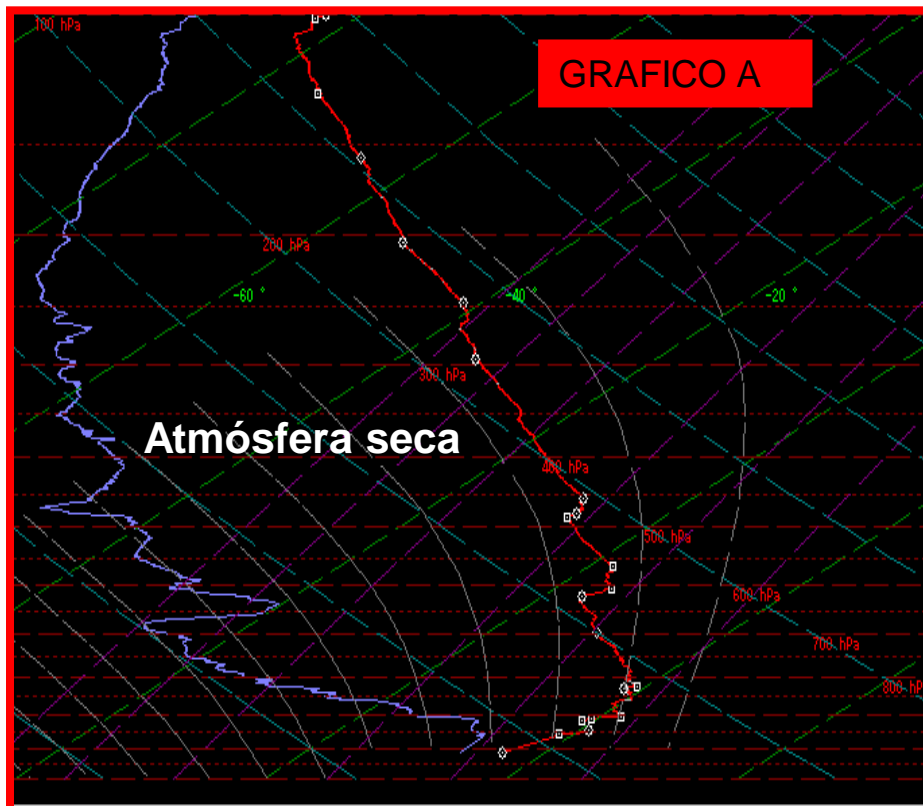
La interpretación de los diagramas termodinámicos consiste primordialmente en comparar la red de líneas que aparece impresa en ella, al hacer esto nos va a indicar el grado de estabilidad presente en la atmósfera. Hay que prestar especial atención a la comparación de la adiabática seca, saturada con la curva teórica, curva de estado y punto de rocío.

Otra manera útil de hacer la interpretación consiste en calcular los diferentes índices de inestabilidad conocidos.



CURVA DE ESTADO Y TEMPERATURA PUNTO ROCIO

La curva de estado (línea roja continua) va a representar el gradiente real de la temperatura ambiente a diferentes altitudes. La temperatura de rocío (línea azul continua) es la temperatura por debajo de la cual el aire no puede seguir conteniendo todo el vapor de agua que lleva y comienza a formarse condensación.



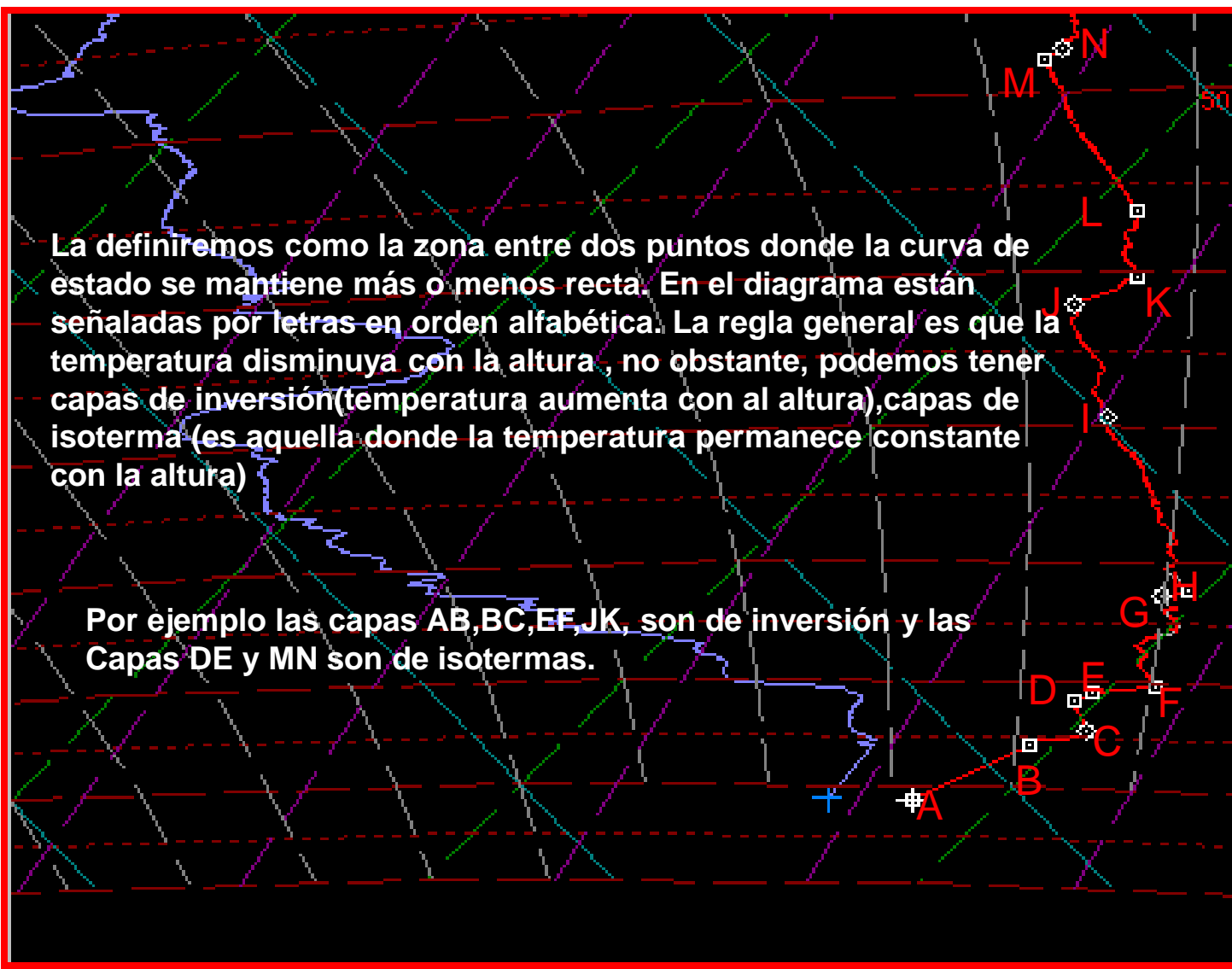
La observación de ambas curvas , nos va a decir mucho sobre la humedad relativa del aire(cuanto más cerca estén una de la otra más humedad relativa habrá, si se juntan tendremos un 100%)



CAPAS DE LA ATMÓSFERA

La definiremos como la zona entre dos puntos donde la curva de estado se mantiene más o menos recta. En el diagrama están señaladas por letras en orden alfabético. La regla general es que la temperatura disminuya con la altura, no obstante, podemos tener capas de inversión (temperatura aumenta con la altura), capas de isoterma (es aquella donde la temperatura permanece constante con la altura)

Por ejemplo las capas AB, BC, EF, JK, son de inversión y las Capas DE y MN son de isotermas.





NIVELES DE CONDENSACIÓN

A medida que el aire asciende, su temperatura y presión va disminuyendo y llega un momento en que llega a condensar(cambio del estado físico del agua de gaseoso a liquido) formando por consiguiente las nubes , esto ocurre en tres niveles bien definidos, que estudiaremos a continuación.



NIVEL DE CONDENSACION POR ASCENSO O LIFTING CONDENSATION LEVEL (LCL)

- **Es la altura en que empezaria la condensacion si algun mecanismo elevase la burbuja de aire, como un forzamiento orografico**

Para determinar graficamente la altura del LCL se procede de la siguiente manera :

• Nivel de Condensación por Ascenso

Trazamos una línea paralela a la adiabática seca desde superficie a partir de la curva de estado

Posteriormente trazamos una línea paralela a la relación de mezcla desde superficie a partir de la curva de punto de rocío

La intercepción de estas dos líneas , originan el nivel de condensación por ascenso.

LCL

LCL

Nota: Estas nubes son a menudo estratiformes, pero pueden llegar hacer cumuliformes. si la elevación continua, cuando esta condensación es debida a la presencia de una cadena montañosa, las nubes formadas se conocen como orográficas.



NIVEL CONDENSACION POR CONVECCION O CONVECTIVE CONDENSATION LEVEL (C.C.L)

Es el nivel en el cual las nubes convectivas se formarán debido al calentamiento de la superficie.

Para encontrar el CCL en un diagrama se debe de proceder de la siguiente manera:

Trazar una línea paralela a la curva de razón de mezcla desde el punto de rocío en superficie hasta donde se cruza con la curva de estado.

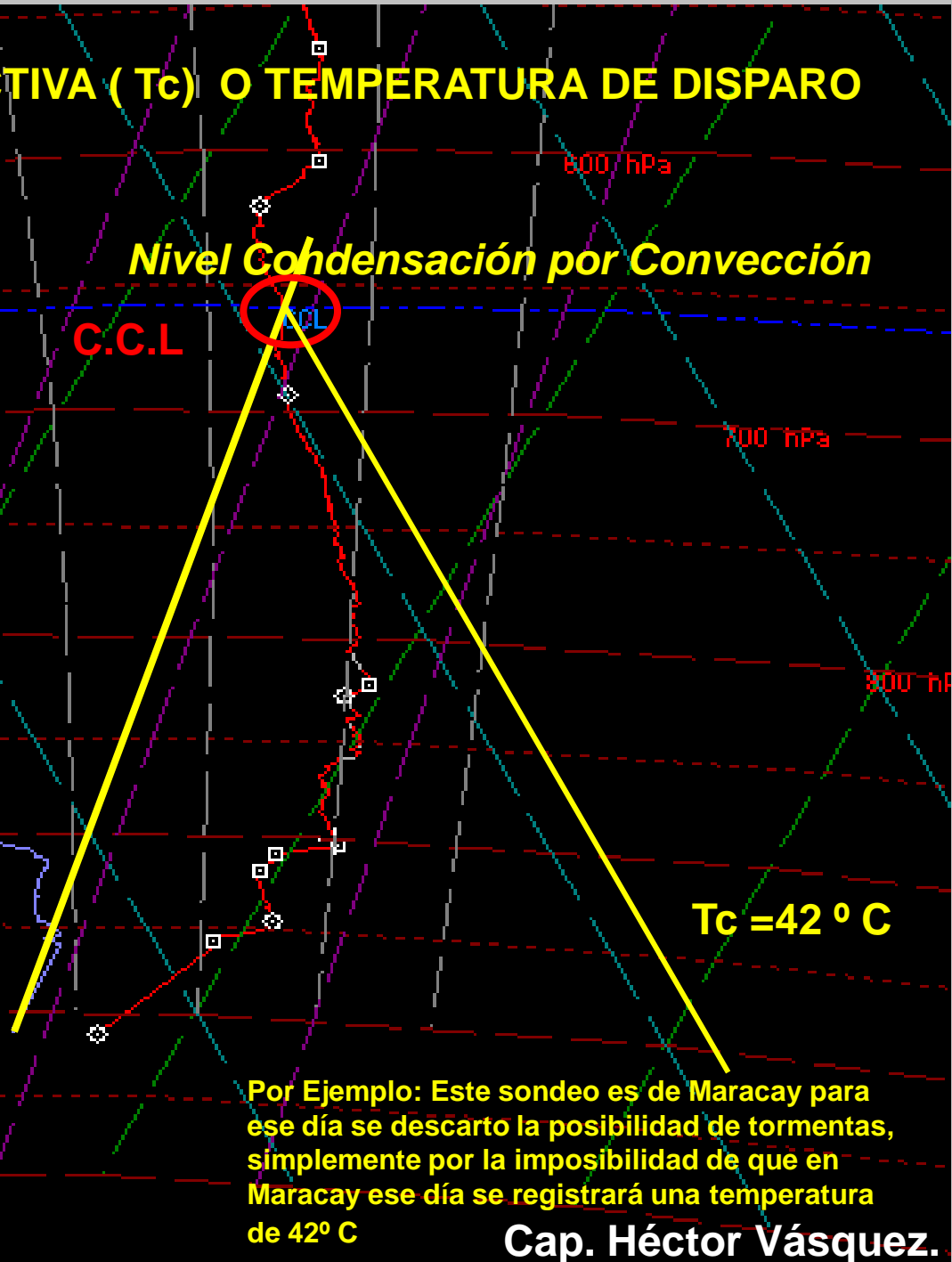


TEMPERATURA CONVECTIVA (T_c) O TEMPERATURA DE DISPARO

La T_c se define como la temperatura que tendría que haber en la superficie para producir nubes convectivas.

Para calcular la T_c se traza una línea paralela a la adiabática seca desde el nivel de condensación por convección hasta superficie y la temperatura que se lea en superficie va hacer la temperatura de disparo.

Nota: Es importante determinar esta temperatura porque con ella podemos pronosticar nubes del tipo cumuliformes y por ende la posibilidad de tormentas



Por Ejemplo: Este sondeo es de Maracay para ese día se descarto la posibilidad de tormentas, simplemente por la imposibilidad de que en Maracay ese día se registrará una temperatura de 42° C

Cap. Héctor Vásquez.

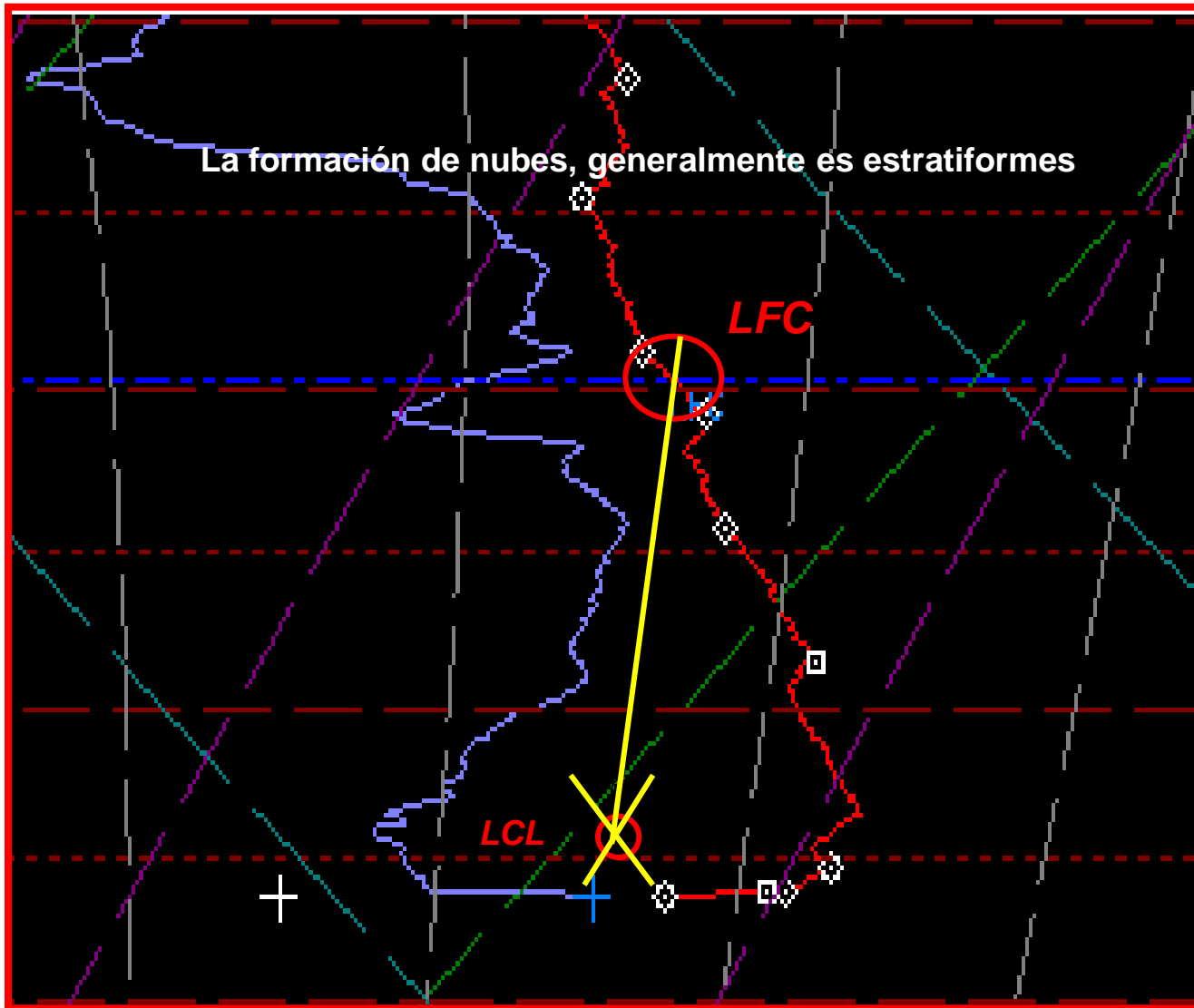


NIVEL DE CONVECCIÓN LIBRE O LEVEL OF FREE CONVECTION (LFC) .

Es el nivel a la cual una parcela de aire que asciende adiabáticamente seca hasta saturarse (en el L.C.L) y desde aquí adiabáticamente saturada hasta que intercepte la curva de estado .

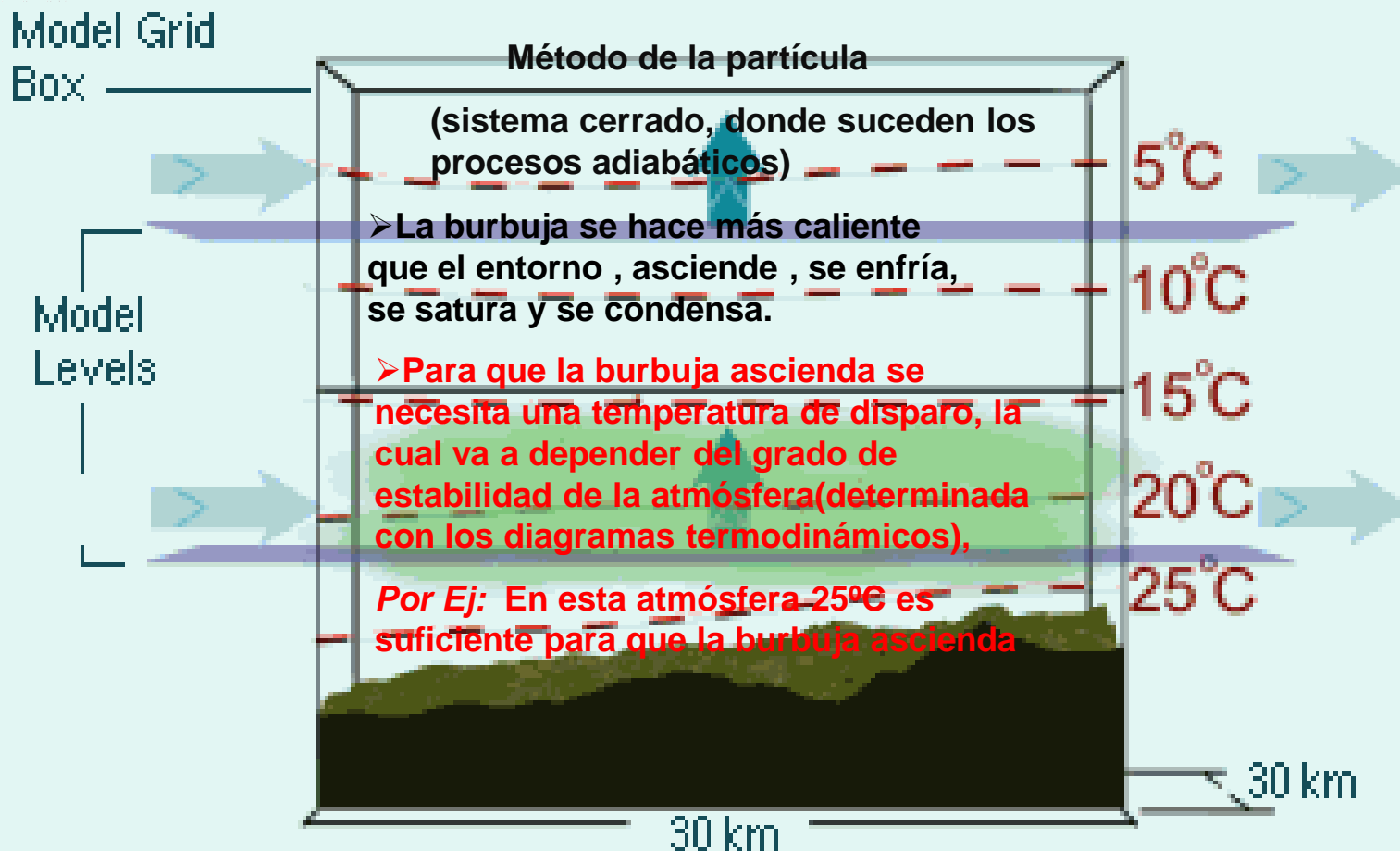


Nivel de Convección Libre (LFC)





Nociones Termodinámicas en la formación de una nube y de la precipitación



Una vez formada las nubes se producen los diferentes tipos de colisión, los cuales explican el crecimiento rápido de las gotitas de agua o de cristales de hielo, hasta alcanzar las dimensiones de las partículas que vencen la fuerza de gravedad y precipitan en forma sólida o líquida.



CURVA TEÓRICA.

La curva teórica nos muestra como ascendería (teóricamente) una partícula de aire desde la superficie a través de la atmósfera.

Es importante esta curva porque va a determinar si vamos a tener movimientos convectivos y la mayor o menor inestabilidad atmosférica, es útil para predecir la formación de nubes, su crecimiento y las precipitaciones.

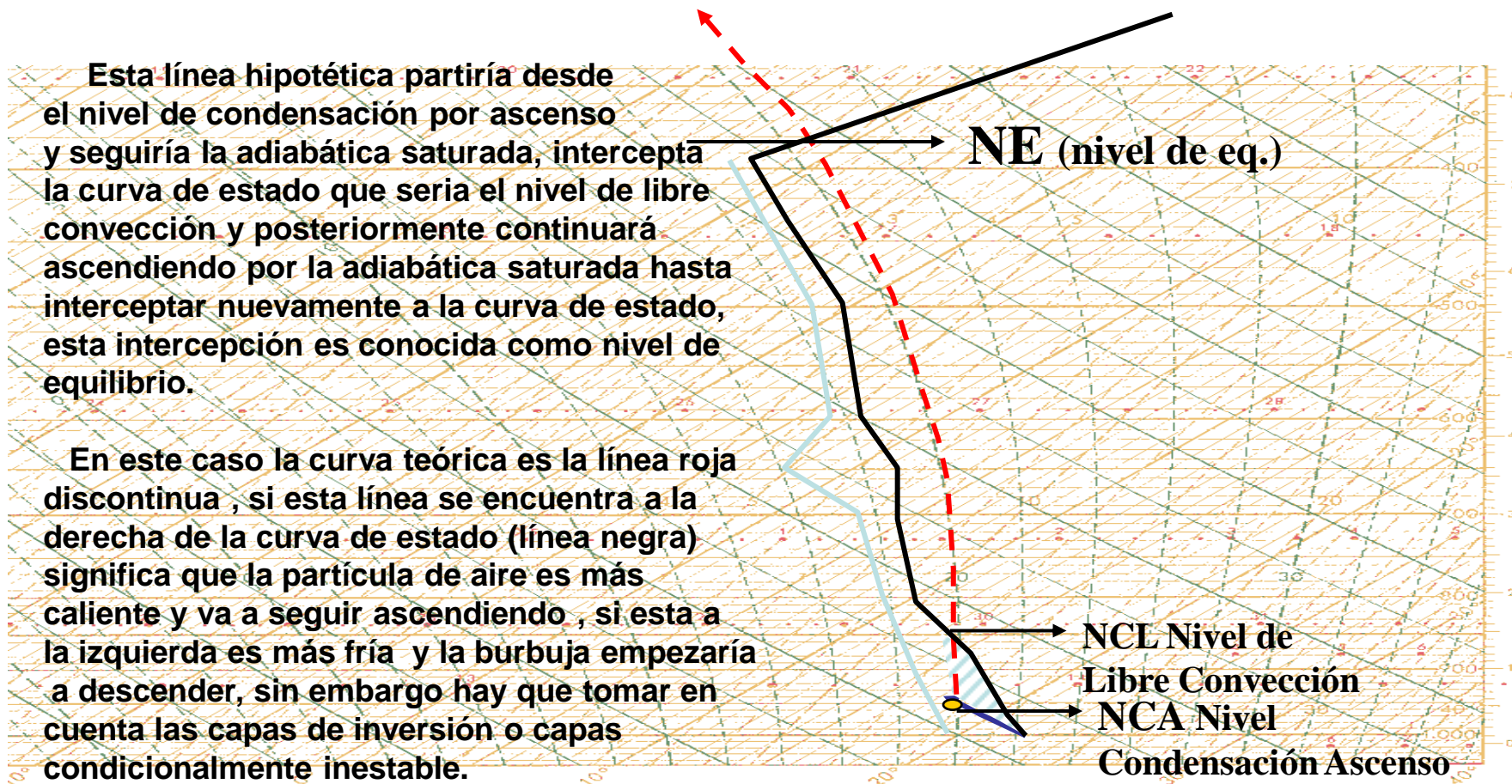


CURVA TEORICA



Esta línea hipotética partiría desde el nivel de condensación por ascenso y seguiría la adiabática saturada, intercepta la curva de estado que sería el nivel de libre convección y posteriormente continuará ascendiendo por la adiabática saturada hasta interceptar nuevamente a la curva de estado, esta intersección es conocida como nivel de equilibrio.

En este caso la curva teórica es la línea roja discontinua, si esta línea se encuentra a la derecha de la curva de estado (línea negra) significa que la partícula de aire es más caliente y va a seguir ascendiendo, si esta a la izquierda es más fría y la burbuja empezaría a descender, sin embargo hay que tomar en cuenta las capas de inversión o capas condicionalmente inestable.





INDICES DE INESTABILIDAD .

Expresan la inestabilidad o estabilidad total de un sondeo en forma de valores numéricos , bien sea usando únicamente unos pocos niveles del sondeo (como pasa con los índices clásicos), o por medio de parámetros verticalmente integrados, como el caso del índice CAPE.



CAPE: Energía potencial disponible

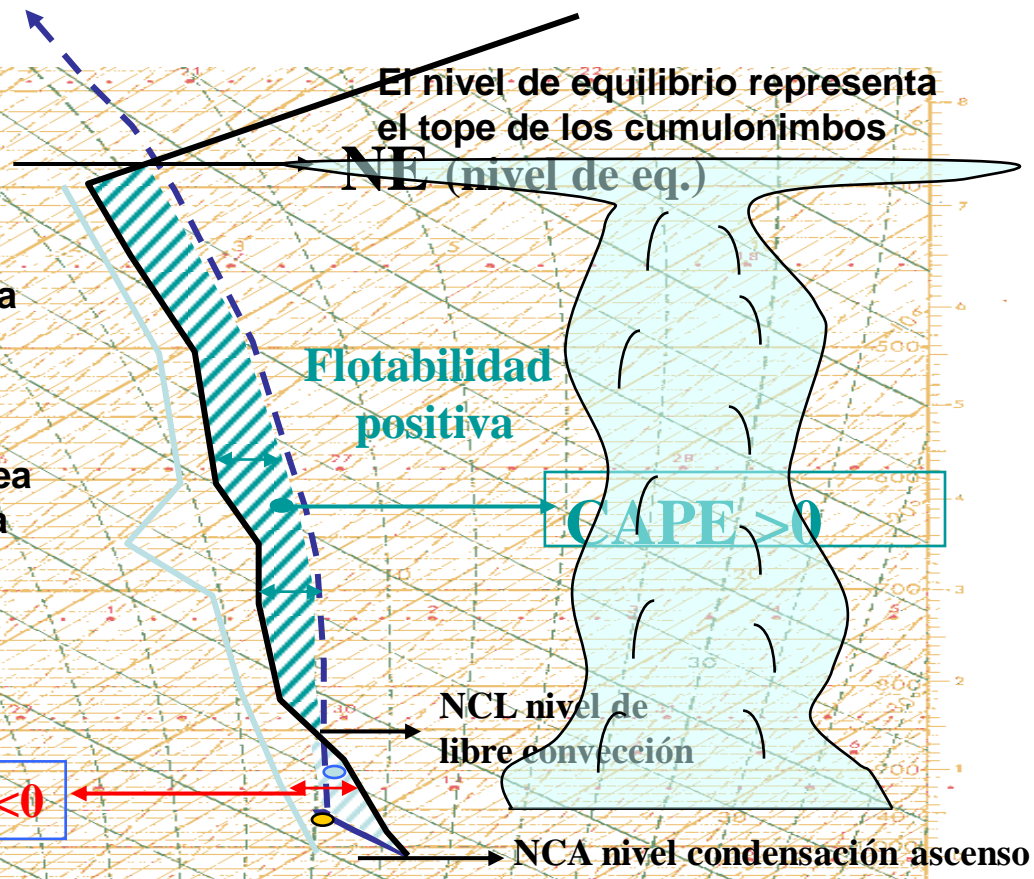
CIN: Energía de inhibición convectiva

Cuanto mayor sea el CAPE más inestable es la atmósfera (valores por encima de 1000 J/Kg suelen dar lugar a importantes tormentas). Gráficamente es el área que queda entre la curva teórica y la curva de estado cuando la primera esta a la derecha.

El CIN, inhibición de convección, es el área que queda entre la curva teórica y la curva de estado, cuando la primera esta a la izquierda de la segunda.

Flotabilidad
negativa

CIN < 0



El nivel de equilibrio representa el tope de los cumulonimbos

NE (nivel de eq.)

Flotabilidad
positiva

CAPE > 0

NCL nivel de
libre convección

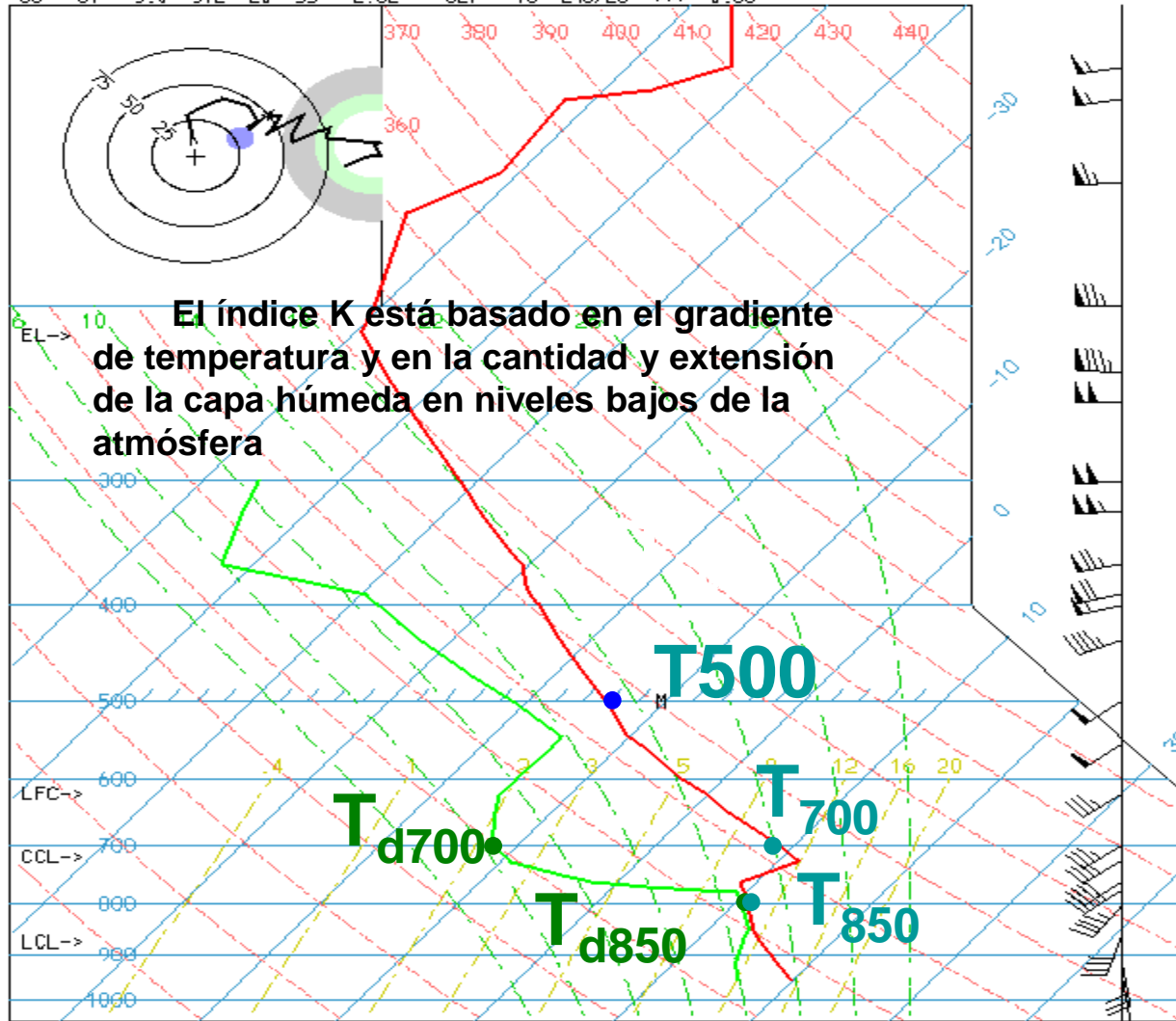
NCA nivel condensación ascenso

$$CIN = \int_{Z_{inf}}^{Z_{Lfc}} g \frac{T_V - T_{V0}}{T_{V0}} dz$$

$$CAPE = \int_{Z_{Lfc}}^{Z_{NE}} g \frac{T_V - T_{V0}}{T_{V0}} dz$$

$$K = T_{850} + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700}) - T_{500}$$

T(F)	Td	LI	SWT	K	TT	Pw(1cm)	CAPE	Tc	CELL	SREH	VGP
68	61	-5.0	512	20	55	2.82	827	96	243/28	***	0.36



El índice K está basado en el gradiente de temperatura y en la cantidad y extensión de la capa húmeda en niveles bajos de la atmósfera

K Index Example

- $T_{500} = -14.3^{\circ}\text{C}$
- $T_{700} = 9.2^{\circ}\text{C}$
- $T_{d700} = -11.8^{\circ}\text{C}$
- $T_{850} = 13.4^{\circ}\text{C}$
- $T_{d850} = 13.1^{\circ}\text{C}$

$$K = 13.4 + 13.1 - (9.2 - (-11.8)) - (-14.3)$$

$$K = 20$$

SKEN-T/LOG-P VALID 1200 UTC 04/22/99 QUN

Lat = 35.22 , Lon = -97.45

Cap. Héctor Vásquez.



K Index

Índice K	Probabilidad de tormentas (%)
< 15	próximo a 0
15 - 20	< 20
21 - 25	20 - 40
26 - 30	40 - 60
31 - 35	60 - 80
36 - 40	80 - 90
> 40	> 90

SHOWALTER

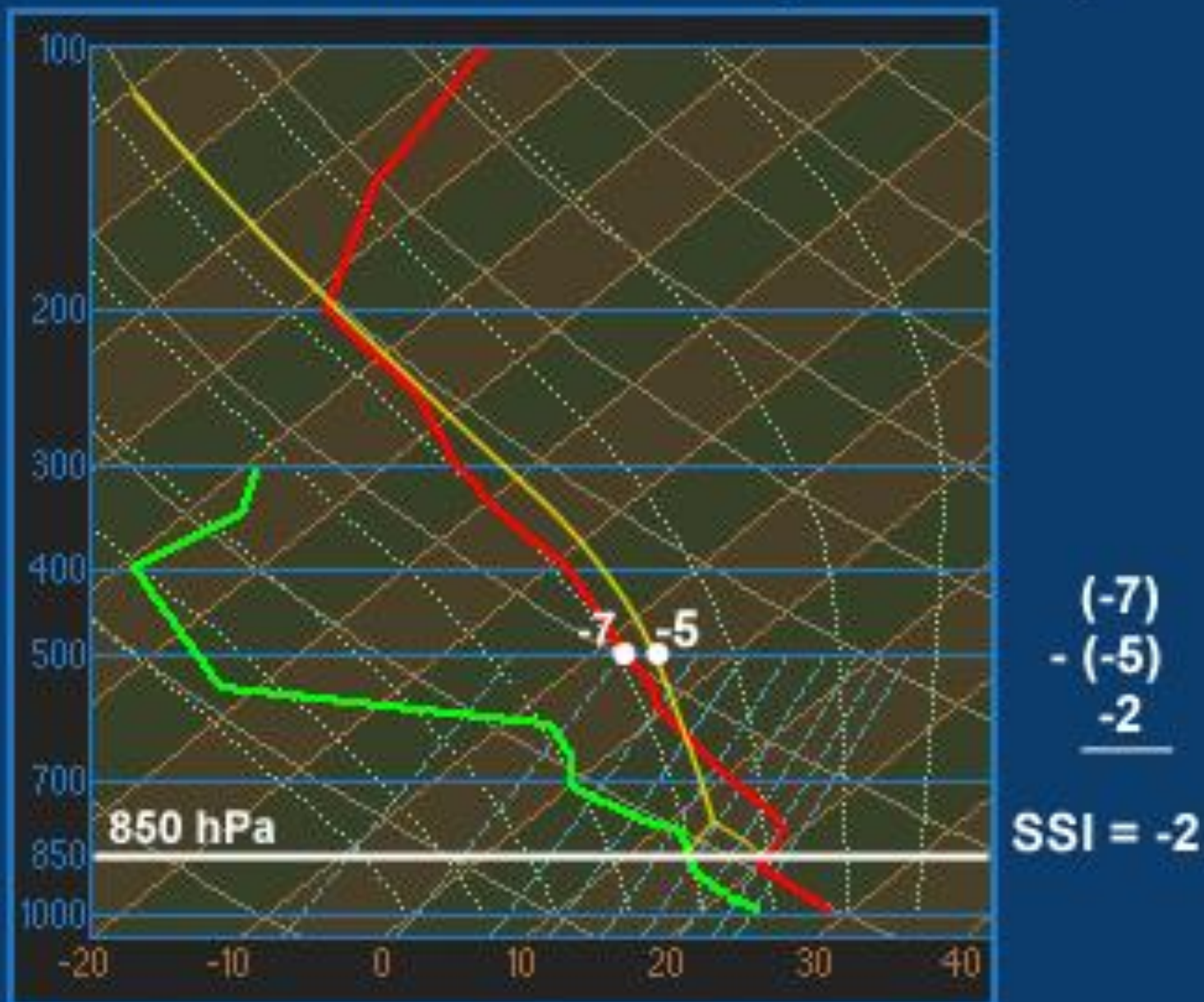
$$\mathbf{SW = TE - T500}$$

TE Temperatura de la parcela de Aire

T500 Temperatura del aire a 500 MB

Nota: Si existe una inversión entre 850 y 500 mb, este índice no es significativo

Determination of Showalter Stability Index (SSI)



SHOWALTER

USA	MARACAY
3° A 06 °C Tornado	3° A 06 °C Índice Poco Confiable
0 a 3° C Act. De Tormentas	0 a 3° C 70% de Tormentas
0 a -3 °C Lluvia Aislada	0 a -3 °C 60% de Lluvias

ISOIN DE CASTEJON

Se comenzó a usar en España , para evaluar las precipitaciones y las tormentas de verano no frontales.

$$I = T_{ds} - T_{500}$$

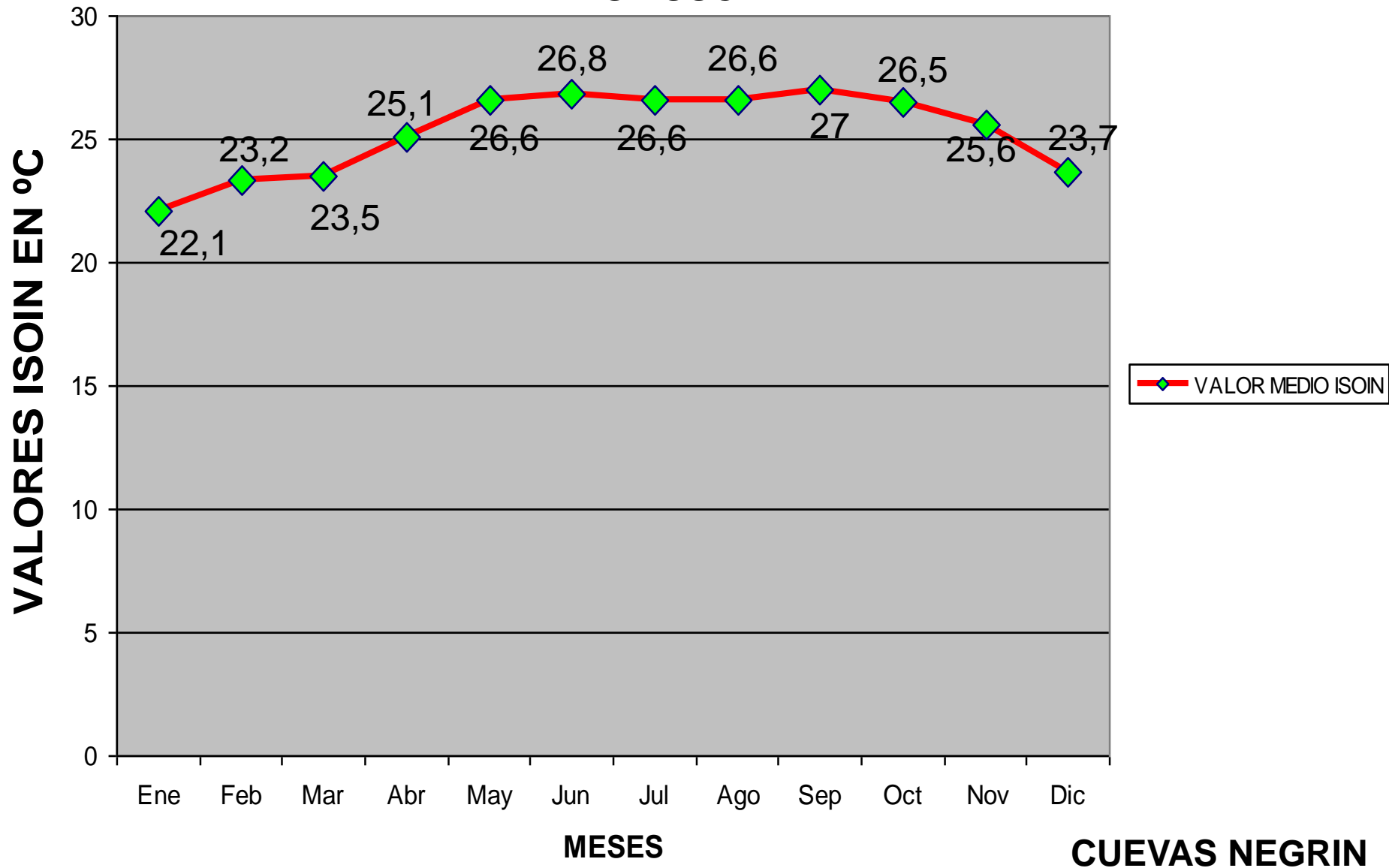
T_{ds} Temperatura de punto de Rocío en superficie

T₅₀₀ Temperatura Ambiente a 500 MB.

VALORES DEL INDICE ISOIN

PERIODO 1972/1981

BASE SUCRE



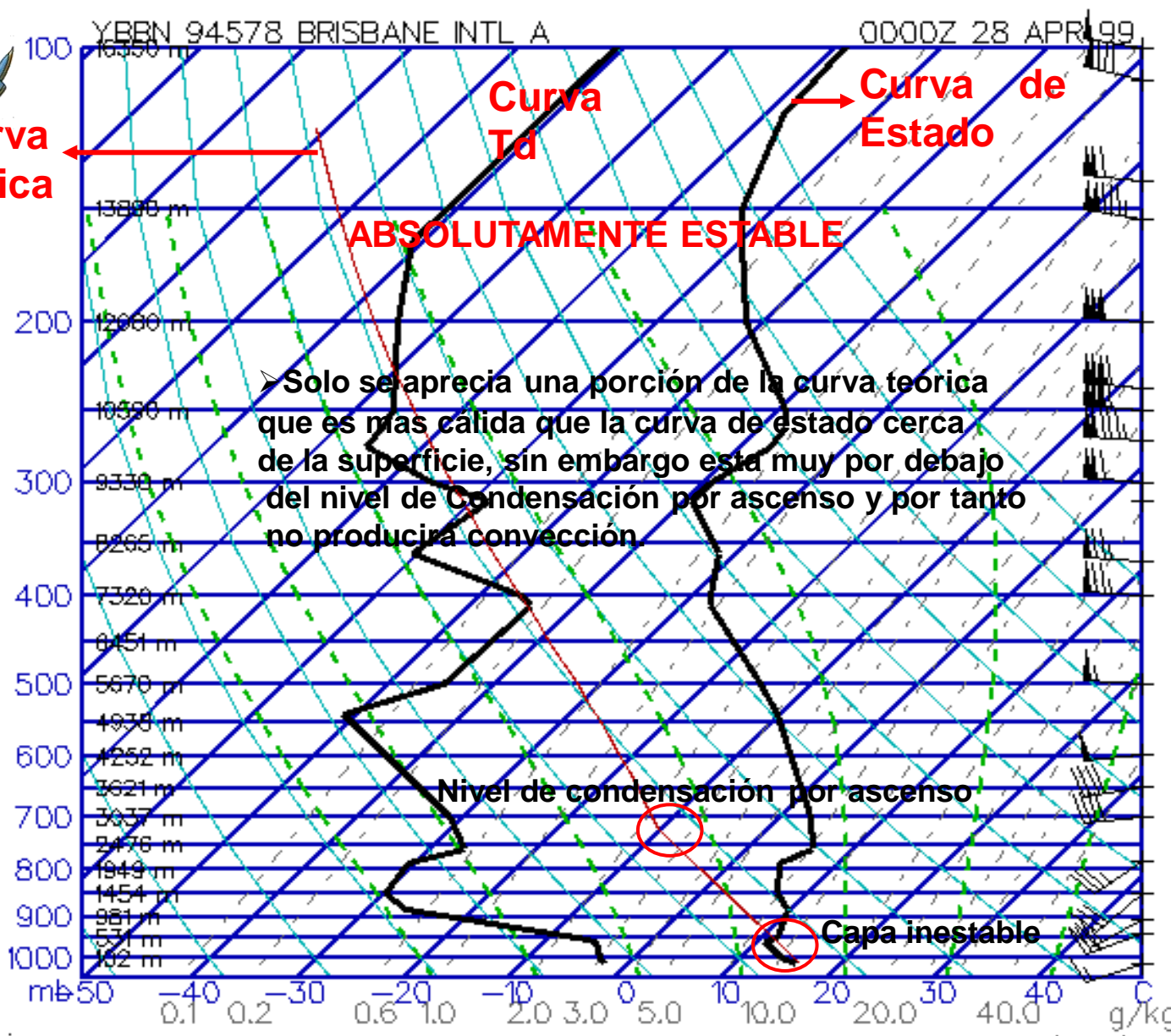
ISOIN

ESPAÑA	MARACAY
10 °C Sin Lluvia	< 18 °C Sin Lluvia
24/26 °C Umbral de Lluvias	24/26 °C 70% de Lluvia
>38°C 100% de Lluvias	26°C 72% de Lluvias



CASOS PRACTICOS

Cap. Héctor Vásquez.



WMO:9
TP:314
FRZ:663
WBO:886
PW:0.17
RH:8.4
MAXT:21.5
TH:5568
L57:6.7
LCL:771
LI:17.3
SI:17.4
TT:7
KI:-42
SW:229
EI:4.4
-PARCEL-
CAPE:19
CINH:49532
LCL:723
CAP:17.3
-WIND-
STM:289/3
HEL:209
SHR+:0.0
SRDS:91
EHI:0.0
BRN:0.3
BSHR:59

University of Wyoming

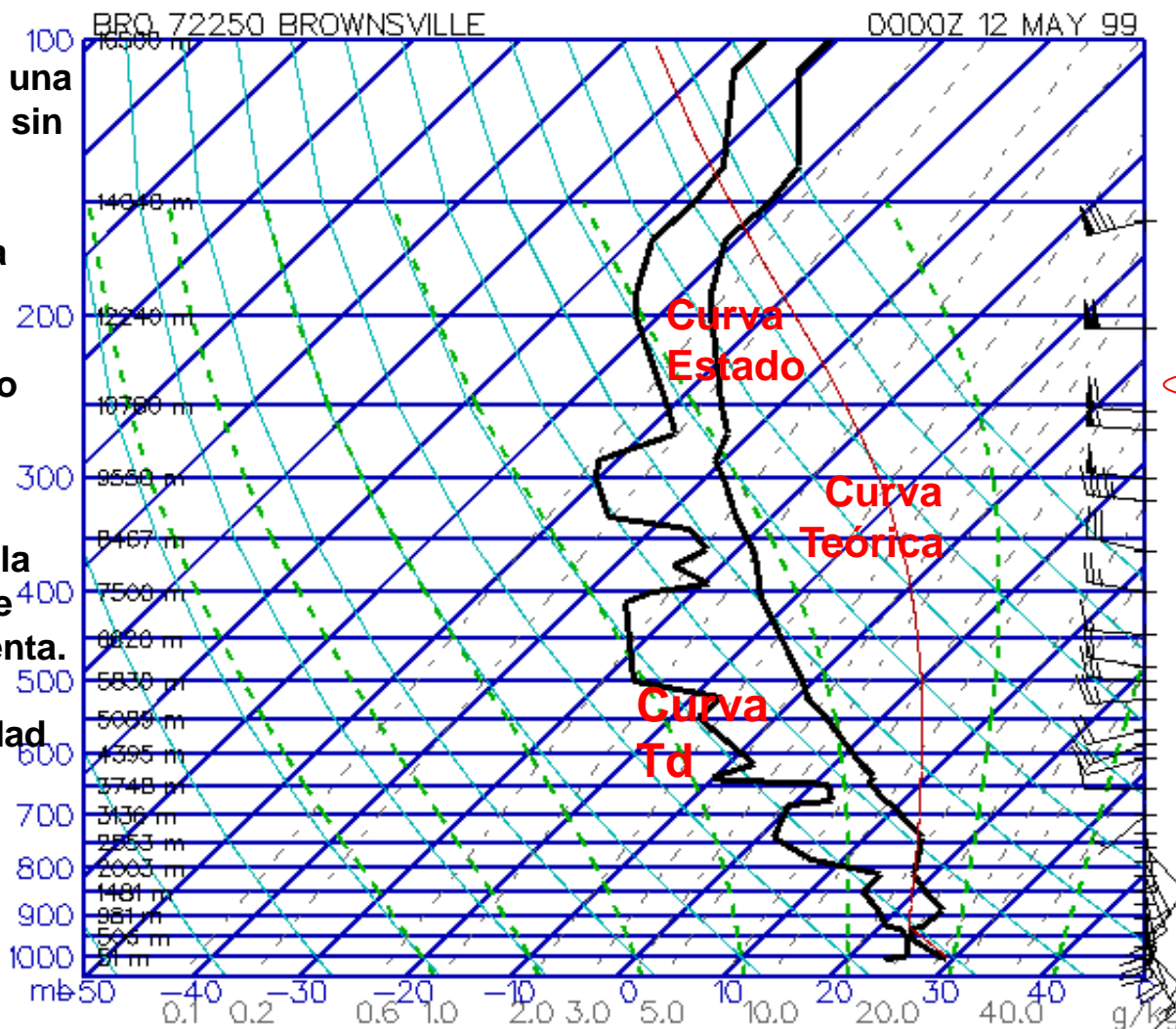
Cap. Héctor Vásquez.



CONDICIONALMENTE INESTABLE

A primera vista pareciera una atmósfera muy inestable, sin embargo, técnicamente no lo es. Se observa una inversión de temperatura cerca de los 900 mb, lo cual representa un obstáculo para el ascenso del aire. Por supuesto si se produce cierto calentamiento o aumento de la humedad, la inversión se romperá y se generará tremenda tormenta.

Los índices de Inestabilidad tales como el K (36) y el CAPE(4336), son buenos referentes para que ese día se originen tormentas.

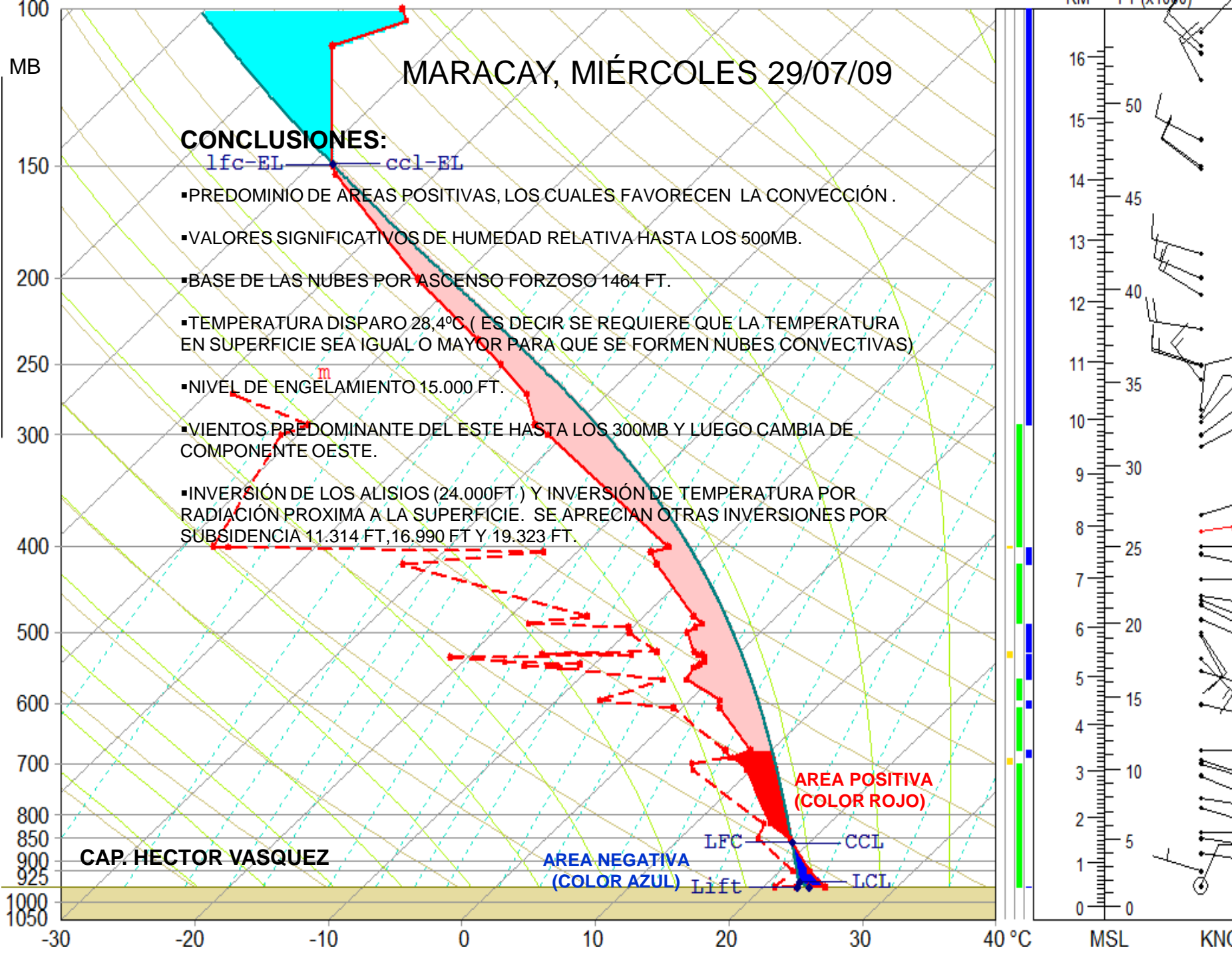


WMO:72250
TP:84
MW:206
FRZ:593
WBO:642
PW:193
RH:58.0
MAXT:35.6
TH:5779
L57:8.2
LCL:922
LI:-11.0
SI:-7.0
TI:58
KI:36
SW:574
EI:-4.8
- PARCEL
CAPE:4336
CINH:61
LCL:926
CAP:2.8
LFC:801
EL:791
MPL:71
- WIND -
STM:246/1'
HEL:-13
SHR+:0.0
SRDS:-18
EHI:1.9
BRN:106.5
BSHR:41

MARACAY, MIÉRCOLES 29/07/09

CONCLUSIONES:

- PREDOMINIO DE AREAS POSITIVAS, LOS CUALES FAVORECEN LA CONVECCIÓN .
- VALORES SIGNIFICATIVOS DE HUMEDAD RELATIVA HASTA LOS 500MB.
- BASE DE LAS NUBES POR ASCENSO FORZOSO 1464 FT.
- TEMPERATURA DISPARO 28,4°C (ES DECIR SE REQUIERE QUE LA TEMPERATURA EN SUPERFICIE SEA IGUAL O MAYOR PARA QUE SE FORMEN NUBES CONVECTIVAS)
- NIVEL DE ENGELAMIENTO 15.000 FT.
- VIENTOS PREDOMINANTE DEL ESTE HASTA LOS 300MB Y LUEGO CAMBIA DE COMPONENTE OESTE.
- INVERSIÓN DE LOS ALISIOS (24.000FT) Y INVERSIÓN DE TEMPERATURA POR RADIACIÓN PROXIMA A LA SUPERFICIE. SE APRECIAN OTRAS INVERSIONES POR SUBSIDENCIA 11.314 FT, 16.990 FT Y 19.323 FT.

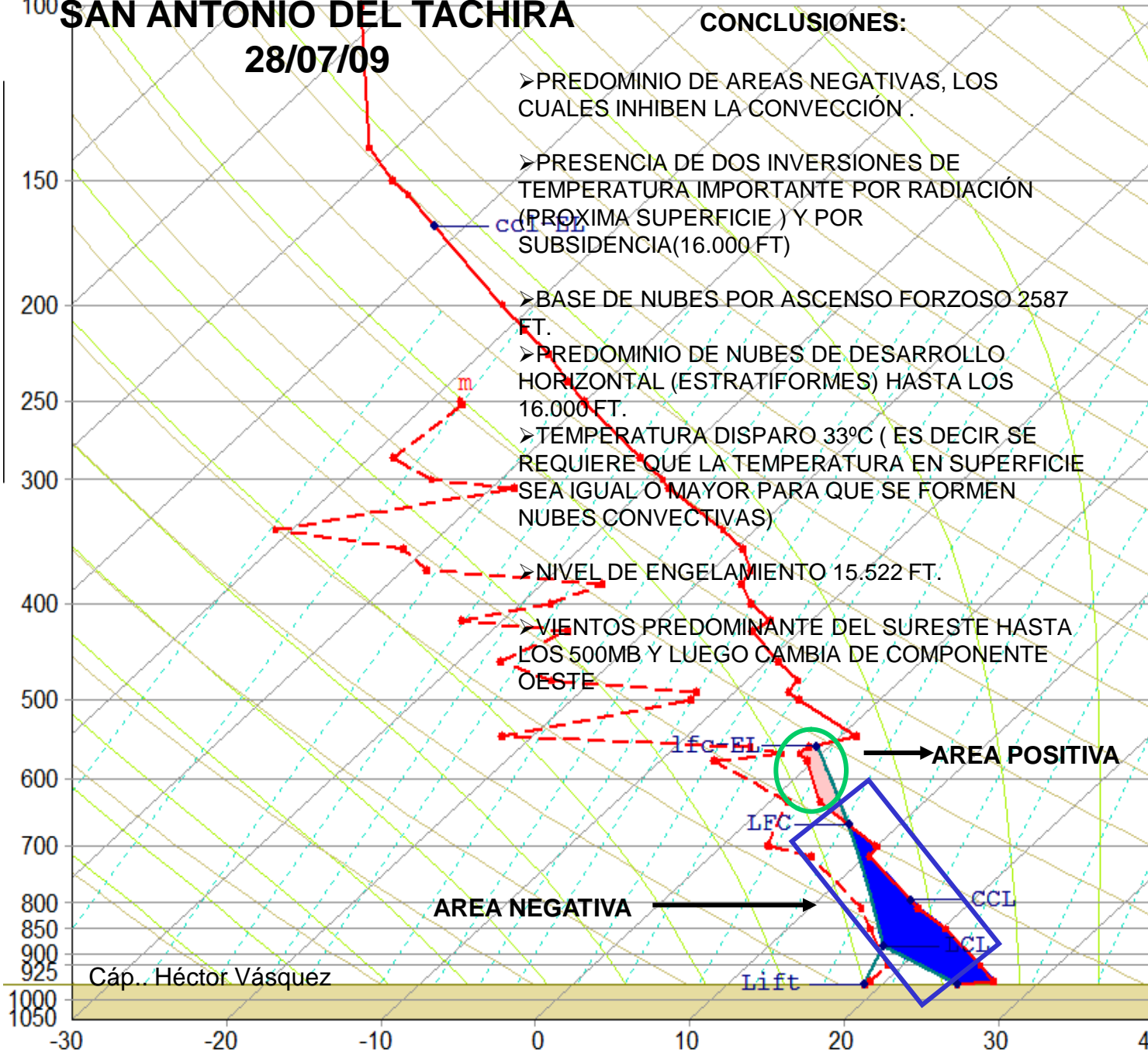


SAN ANTONIO DEL TACHIRA

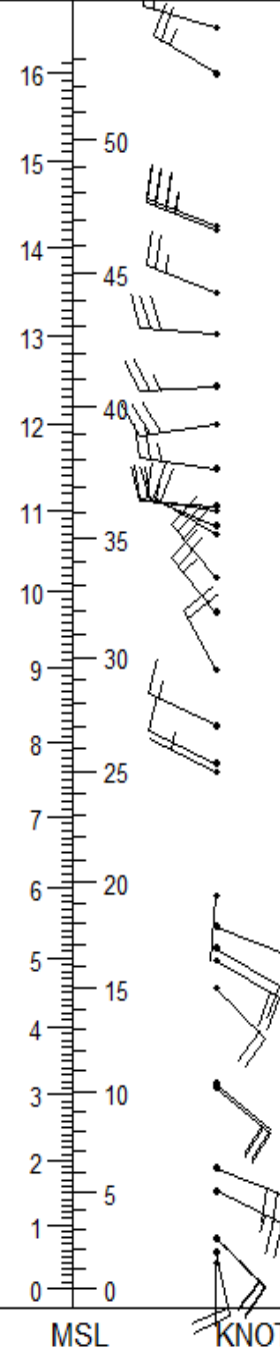
28/07/09

CONCLUSIONES:

- PREDOMINIO DE AREAS NEGATIVAS, LOS CUALES INHIBEN LA CONVECCIÓN .
- PRESENCIA DE DOS INVERSIONES DE TEMPERATURA IMPORTANTE POR RADIACIÓN (PROXIMA SUPERFICIE) Y POR SUBSIDENCIA(16.000 FT)
- BASE DE NUBES POR ASCENSO FORZOSO 2587 FT.
- PREDOMINIO DE NUBES DE DESARROLLO HORIZONTAL (ESTRATIFORMES) HASTA LOS 16.000 FT.
- TEMPERATURA DISPARO 33°C (ES DECIR SE REQUIERE QUE LA TEMPERATURA EN SUPERFICIE SEA IGUAL O MAYOR PARA QUE SE FORMEN NUBES CONVECTIVAS)
- NIVEL DE ENGELAMIENTO 15.522 FT.
- VIENTOS PREDOMINANTE DEL SURESTE HASTA LOS 500MB Y LUEGO CAMBIA DE COMPONENTE OESTE



KM FT (x1000)



Cáp. Héctor Vásquez

AREA POSITIVA

AREA NEGATIVA

LFC

CCL

LCL

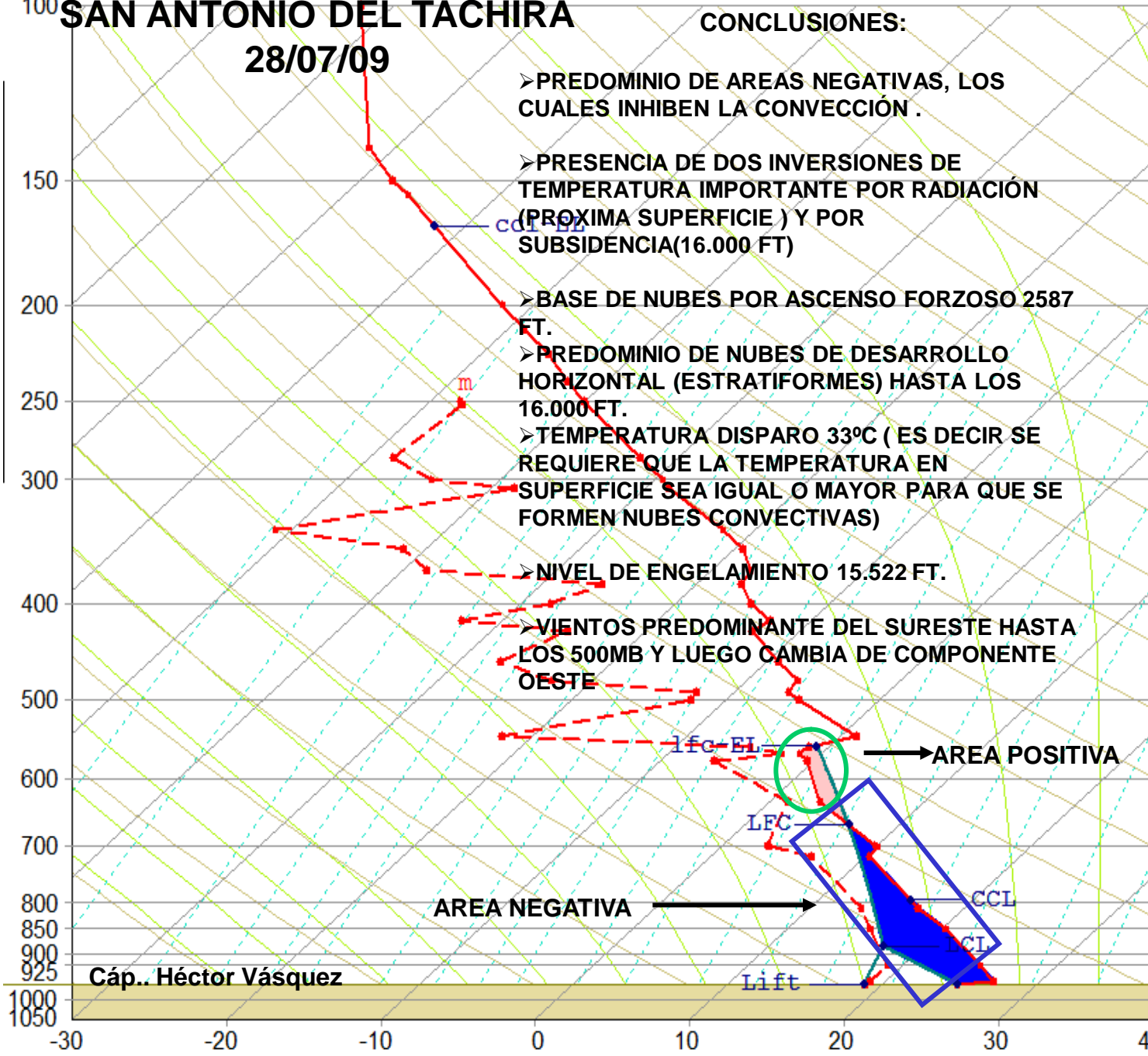
LIFT

SAN ANTONIO DEL TACHIRA

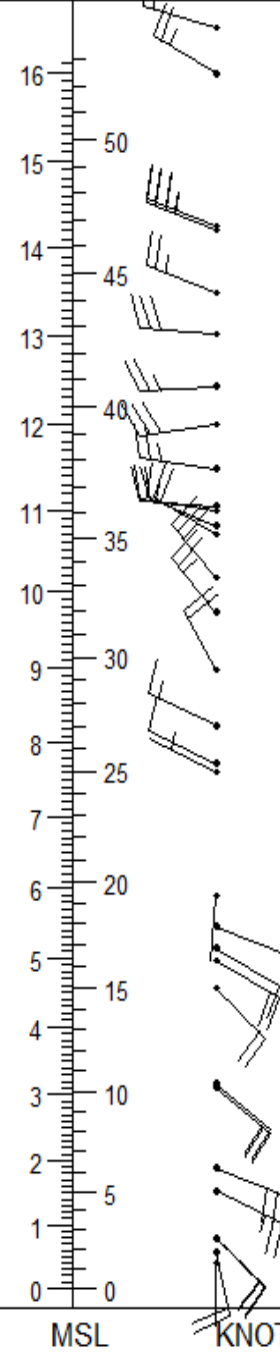
28/07/09

CONCLUSIONES:

- PREDOMINIO DE AREAS NEGATIVAS, LOS CUALES INHIBEN LA CONVECCION .
- PRESENCIA DE DOS INVERSIONES DE TEMPERATURA IMPORTANTE POR RADIACION (PROXIMA SUPERFICIE) Y POR SUBSIDENCIA(16.000 FT)
- BASE DE NUBES POR ASCENSO FORZOSO 2587 FT.
- PREDOMINIO DE NUBES DE DESARROLLO HORIZONTAL (ESTRATIFORMES) HASTA LOS 16.000 FT.
- TEMPERATURA DISPARO 33°C (ES DECIR SE REQUIERE QUE LA TEMPERATURA EN SUPERFICIE SEA IGUAL O MAYOR PARA QUE SE FORMEN NUBES CONVECTIVAS)
- NIVEL DE ENGELAMIENTO 15.522 FT.
- VIENTOS PREDOMINANTE DEL SURESTE HASTA LOS 500MB Y LUEGO CAMBIA DE COMPONENTE OESTE



KM FT (x1000)



Cáp.. Héctor Vásquez

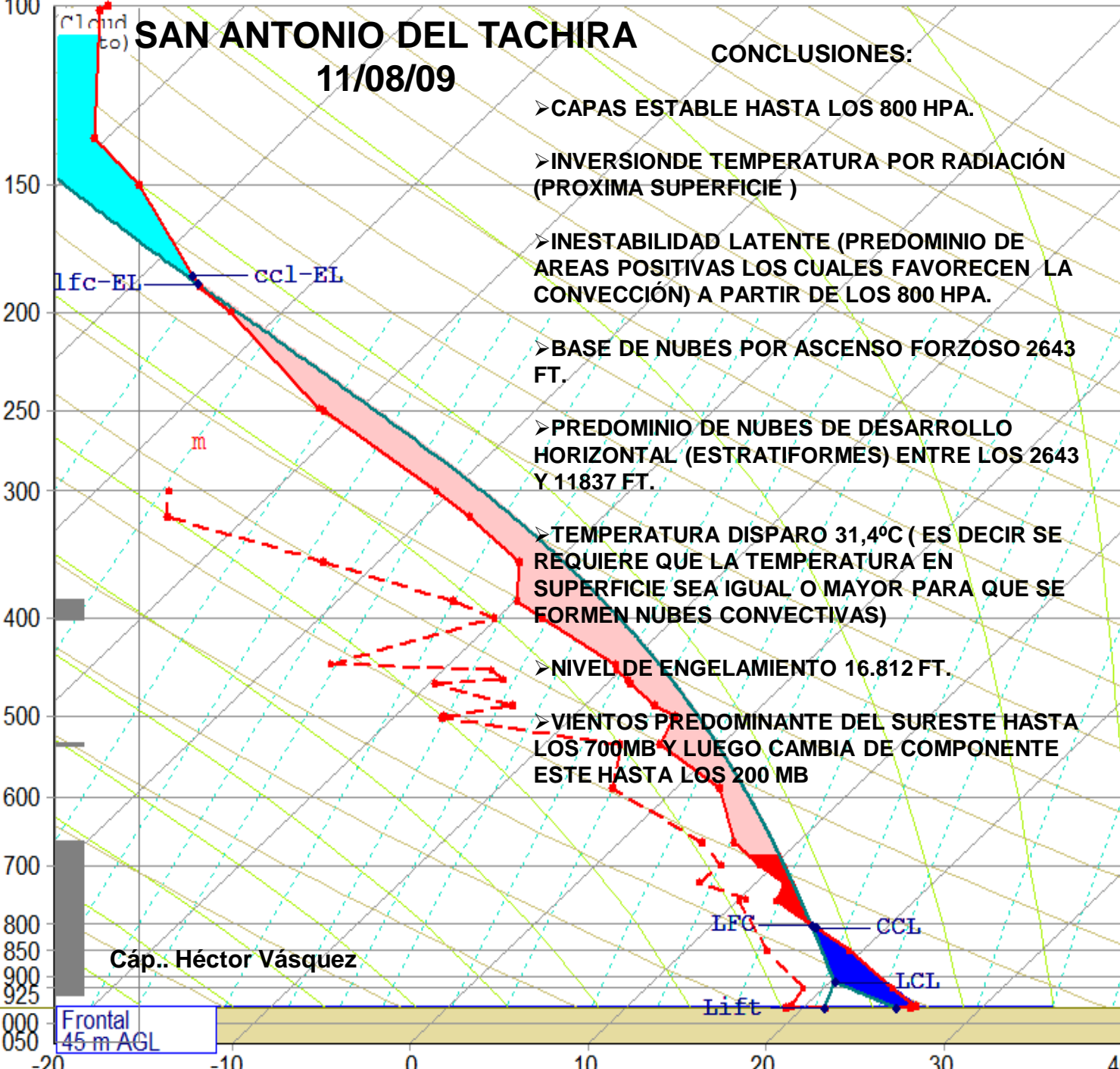
-30 -20 -10 0 10 20 30 40 °C MSL KNOT

SAN ANTONIO DEL TACHIRA

11/08/09

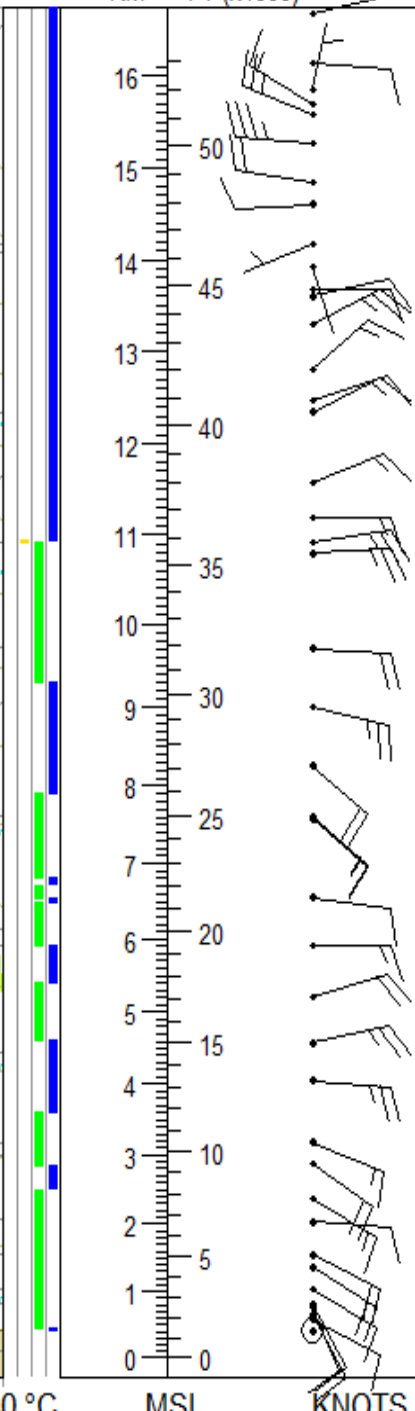
CONCLUSIONES:

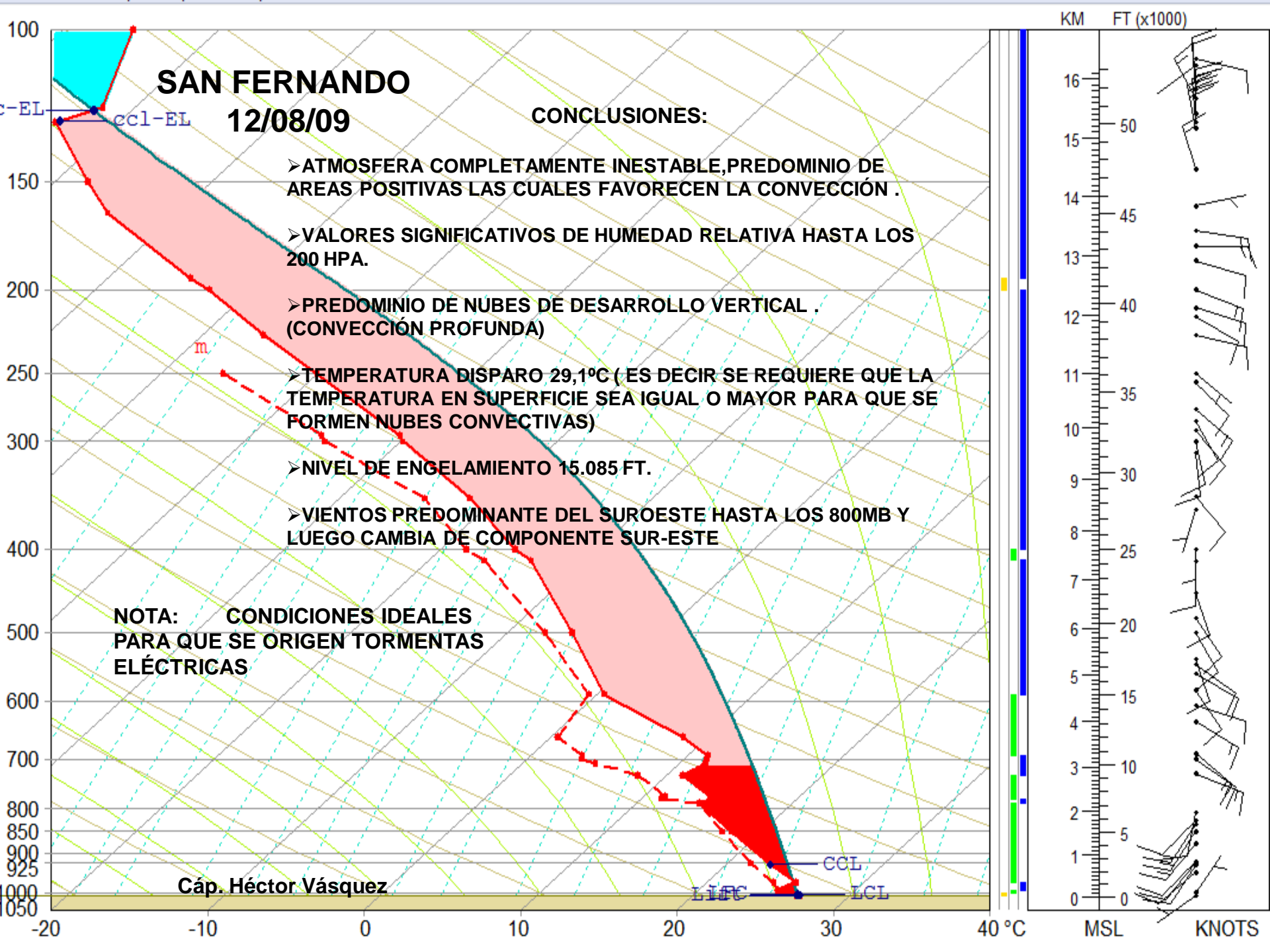
- CAPAS ESTABLE HASTA LOS 800 HPA.
- INVERSION DE TEMPERATURA POR RADIACIÓN (PROXIMA SUPERFICIE)
- INESTABILIDAD LATENTE (PREDOMINIO DE AREAS POSITIVAS LOS CUALES FAVORECEN LA CONVECCIÓN) A PARTIR DE LOS 800 HPA.
- BASE DE NUBES POR ASCENSO FORZOSO 2643 FT.
- PREDOMINIO DE NUBES DE DESARROLLO HORIZONTAL (ESTRATIFORMES) ENTRE LOS 2643 Y 11837 FT.
- TEMPERATURA DISPARO 31,4°C (ES DECIR SE REQUIERE QUE LA TEMPERATURA EN SUPERFICIE SEA IGUAL O MAYOR PARA QUE SE FORMEN NUBES CONVECTIVAS)
- NIVEL DE ENGELAMIENTO 16.812 FT.
- VIENTOS PREDOMINANTE DEL SURESTE HASTA LOS 700MB Y LUEGO CAMBIA DE COMPONENTE ESTE HASTA LOS 200 MB



Cáp.. Héctor Vásquez

Frontal
45 m AGL





SERVICIO DE METEOROLOGÍA DE LA AVIACIÓN MILITAR BOLIVARIANA



**CIENCIA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD Y
LA REVOLUCIÓN BOLIVARIANA**