Índices de Estabilidad

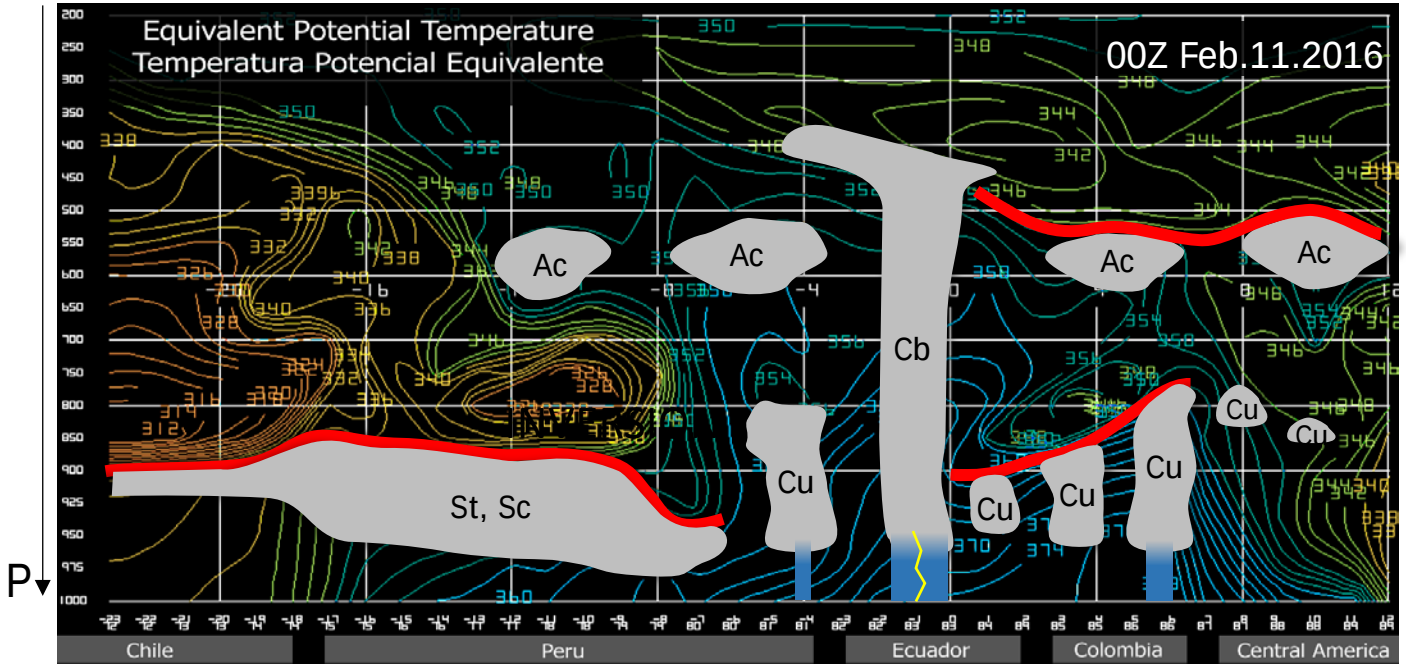
Michel Davison y José Gálvez

WPC International Desks, 2016

¿Qué son índices de estabilidad?

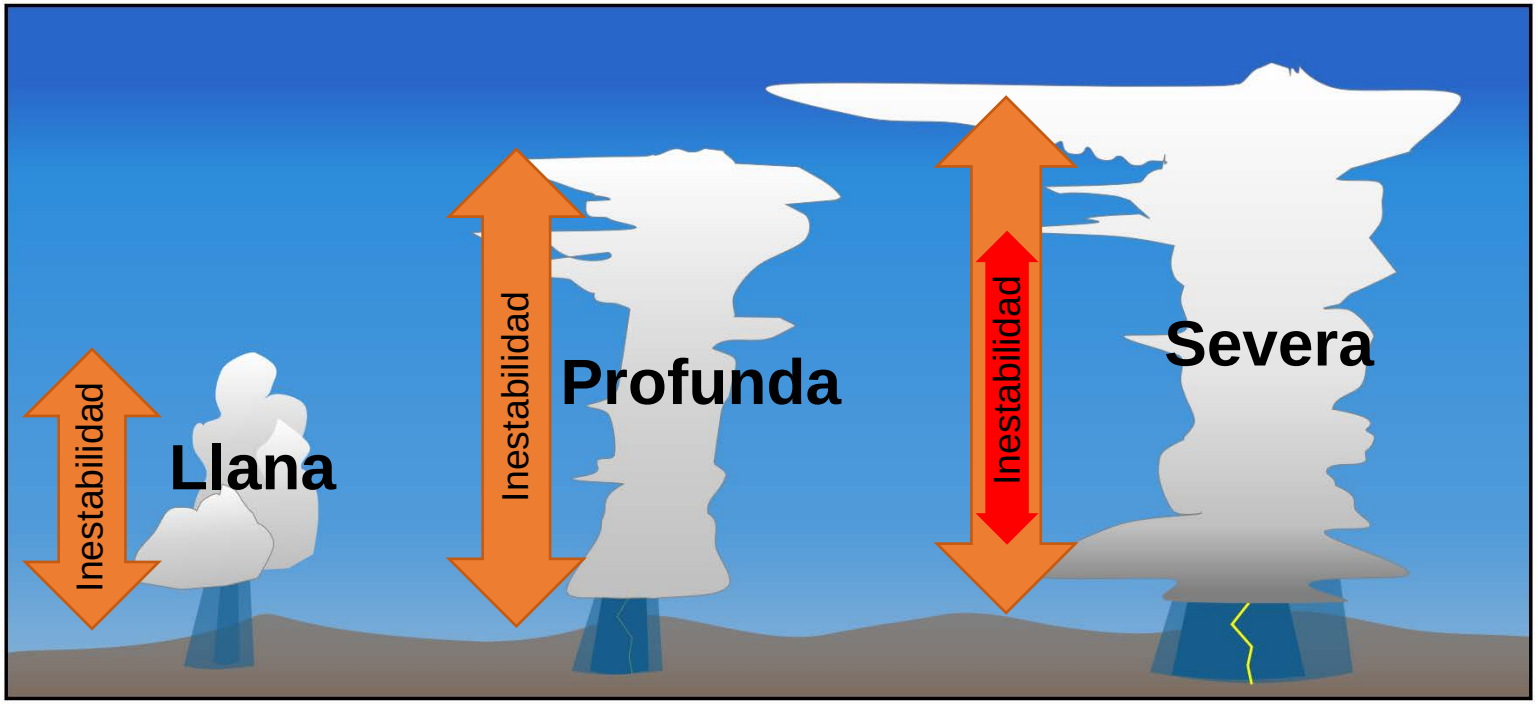
- Son cantidades que estiman el potencial para que ocurra desarrollo convectivo ignorando los efectos de forzamiento dinámico/mecánico.
- Se basan en diferentes métodos de calcular la estabilidad, en función a propiedades termodinámicas de la columna.

Ejemplo: Corte Vertical de Theta-E en el Pacífico Oriental



¿Por qué son importantes?

- Por que nos ayudan a determinar el potencial, tipo y severidad de la convección esperada



basándose en la distribución vertical de la estabilidad de la columna.

Estabilidad de la Columna

- La estabilidad representa que tan desfavorable está la columna atmosférica para permitir el desarrollo de convección.

- Su evaluación **objetiva** es uno de los retos más grandes para el meteorólogo en los trópicos:

  - donde no existen muchos índices de estabilidad que la estimen apropiadamente (los índices tradicionales fueron diseñados con latitudes medias en mente).

- Determinar estabilidad es esencial al elaborar un pronóstico ya que es indispensable para poder identificar riesgos de convección
  - Llana
  - Profunda
  - Severa

Índices de Estabilidad Tradicionales

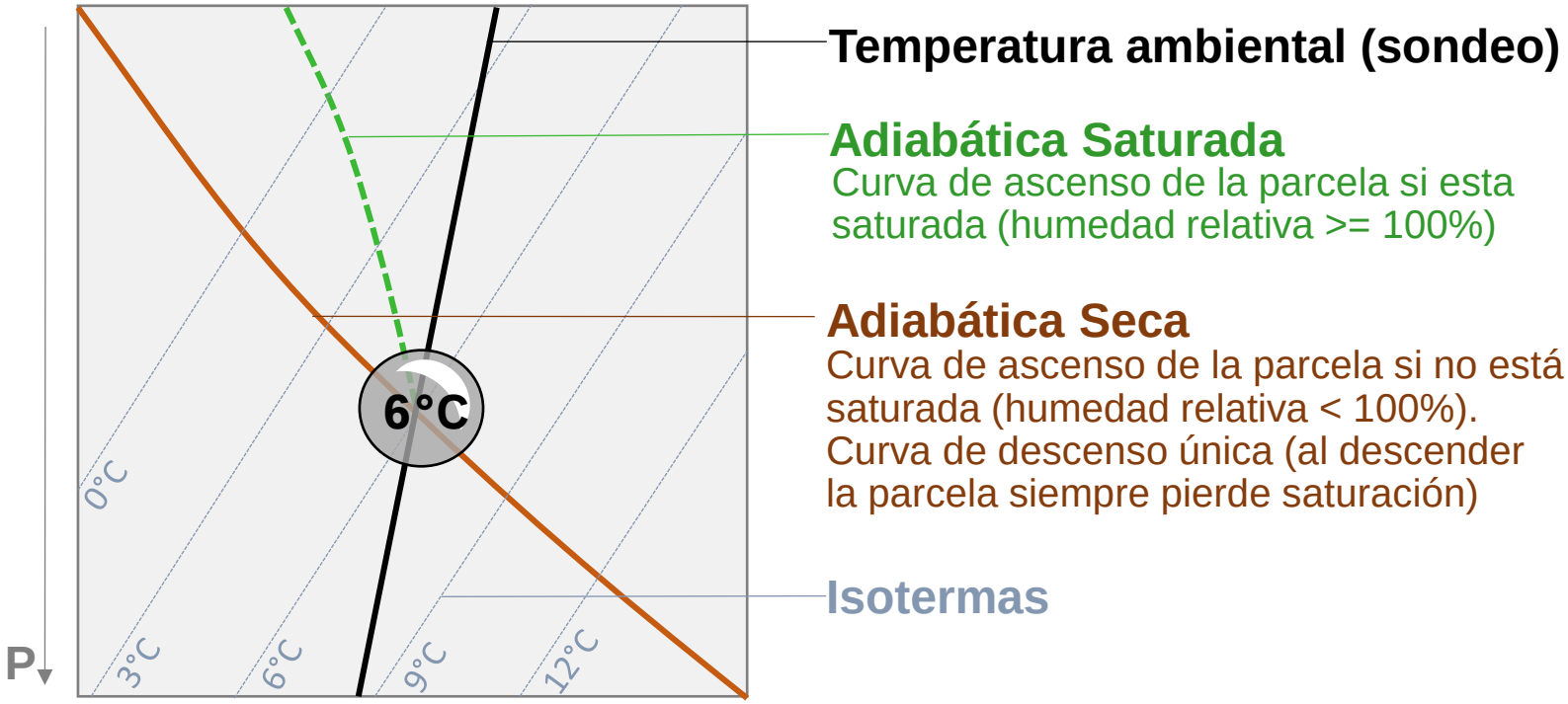
- Método de Parcelas
  - Lifted Index (LI)
  - Showalter Stability Index (SSI)
  - Total Totals (TT)
  - K Index (K)

- Método Termodinámico
  - CAPE/CINH

Estimación de Estabilidad con el Método de Parcelas

¿En qué se basa el Método de Parcelas?

Se simula el desplazamiento vertical de una parcela de aire asumiendo que no interacciona (no se mezcla) con aire del medio ambiente. Luego se compara la temperatura de la parcela con la del ambiente (sondeo).



Temperatura ambiental (sondeo)

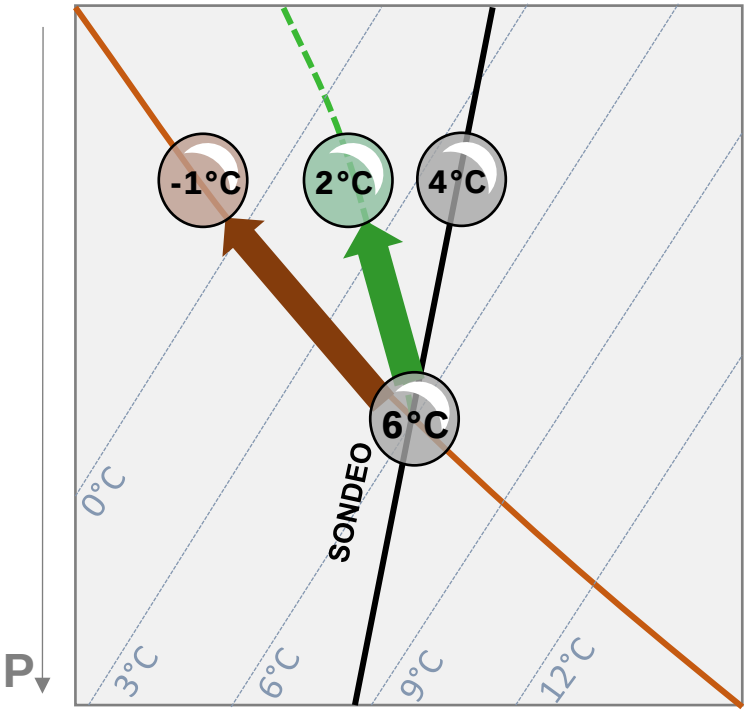
Adiabática Saturada
Curva de ascenso de la parcela si esta saturada (humedad relativa >= 100%)

Adiabática Seca
Curva de ascenso de la parcela si no está saturada (humedad relativa < 100%).
Curva de descenso única (al descender la parcela siempre pierde saturación)

Isotermas

Método de Parcelas
Estabilidad Extrema

- Ocurre cuando la temperatura del ambiente (sondeo) disminuye muy poco con la altura (→ La razón de disminución de T_{sondeo} debe ser menor que la de la adiabática saturada).

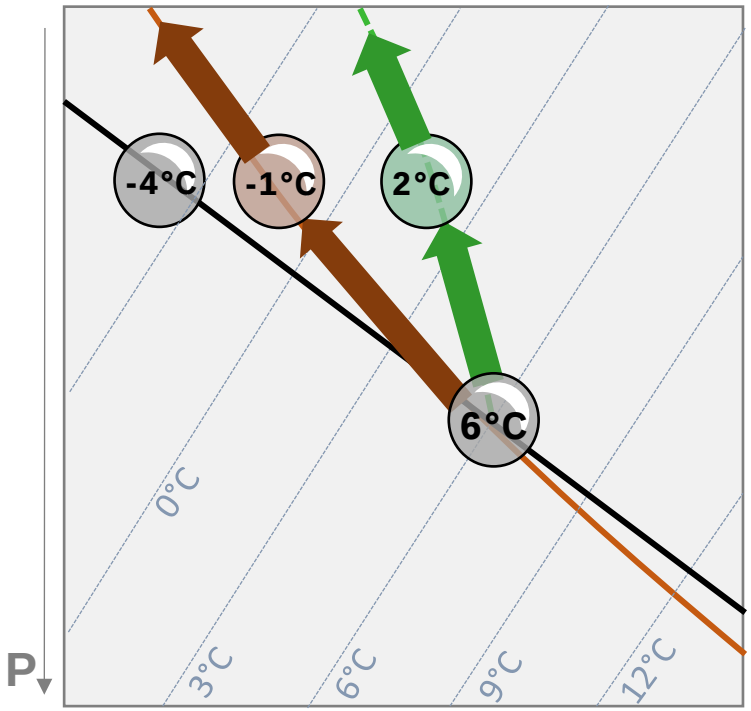


ESTABILIDAD EXTREMA

- Si desplazamos hacia arriba la parcela siempre terminará siendo más fría (y pesada) que el ambiente (e.g. +4°C) a ese nivel.
- Por ser más pesada su reacción será regresar al nivel inicial donde estaba en equilibrio (misma temperatura) con el medio ambiente.
- Es una situación absolutamente estable.

Método de Parcelas
Inestabilidad Extrema

- Ocurre cuando la temperatura del ambiente disminuye rápidamente con la altura (→ La razón de disminución de T_{sondeo} debe ser mayor que la de la adiabática seca).



INESTABILIDAD EXTREMA

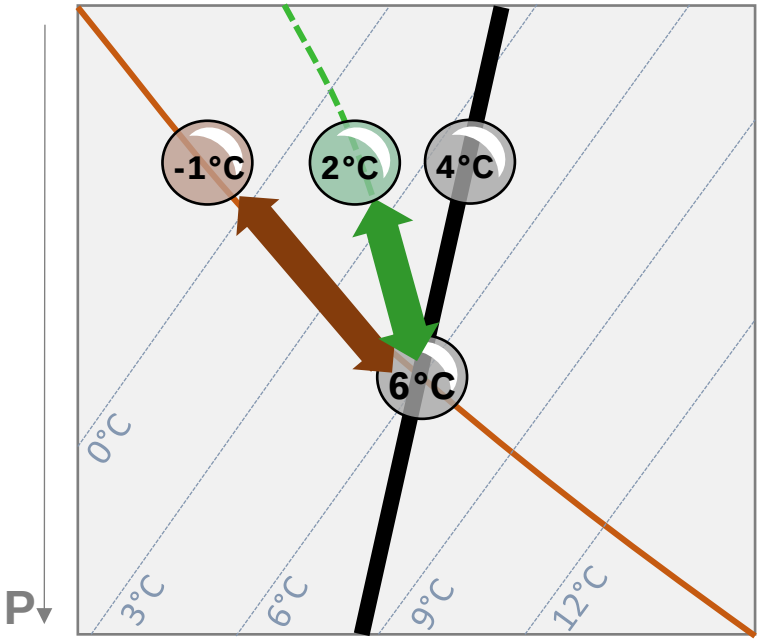
- Por cualquier adiabática que ascienda la parcela, siempre será más cálida y ligera que el ambiente.
- Su reacción será continuar ascendiendo.

Comparación

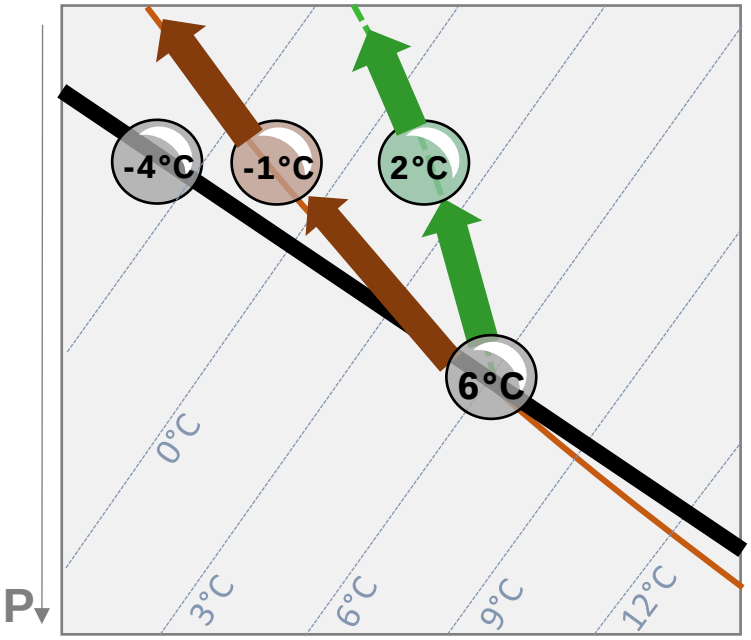
Estabilidad Extrema versus Inestabilidad Extrema

¿Que cambia?

-La inclinación del perfil termal del sondeo



ESTABILIDAD EXTREMA



INESTABILIDAD EXTREMA

¿Y si el sondeo cae entre las dos adiabáticas?

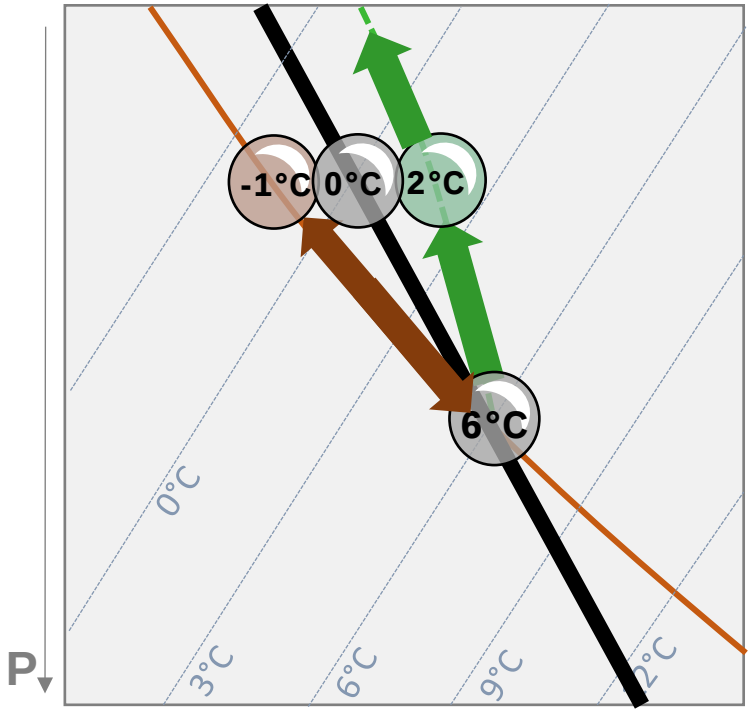
Estabilidad Condicional

Cuando el contenido de humedad determina la estabilidad

Si el sondeo cae entre las dos adiabáticas, la estabilidad depende del contenido de humedad.

Si la parcela esta saturada, al ascender quedará más cálida que el sondeo. Esta es una situación inestable.

Si la parcela no está saturada ascenderá siguiendo a la adiabática seca. Al quedar más fría que el ambiente retornará a su posición inicial. Esta es una situación estable.

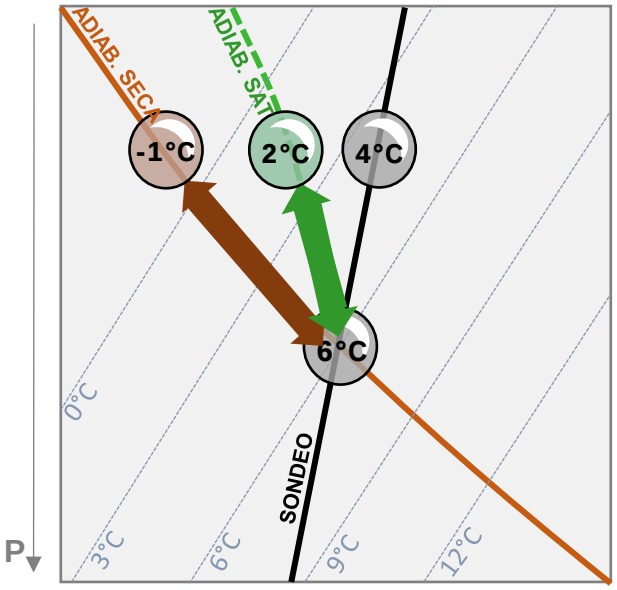


ESTABILIDAD CONDICIONAL

Nota: Un humedecimiento de la parcela puede convertirla en inestable.

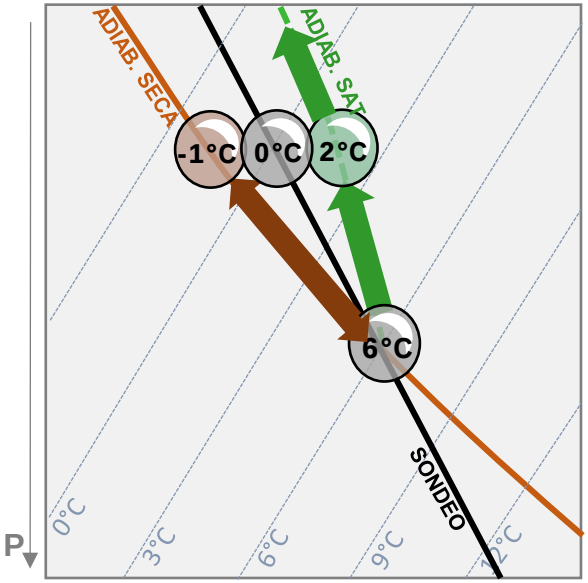
Resumen: Método de Parcelas

ESTABILIDAD EXTREMA



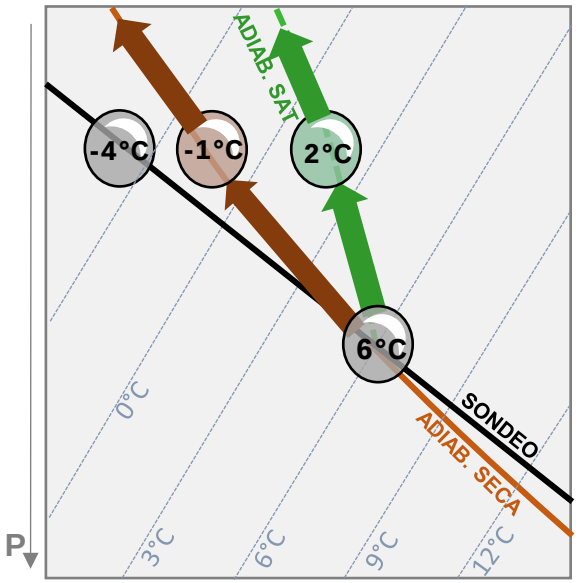
T_{sondeo} disminuye con la altura a una razón menor que la temperatura de la adiabática saturada

ESTABILIDAD CONDICIONAL



T_{sondeo} disminuye con la altura a una razón que cae entre la pendiente de la adiabática seca y la de la saturada

INESTABILIDAD EXTREMA

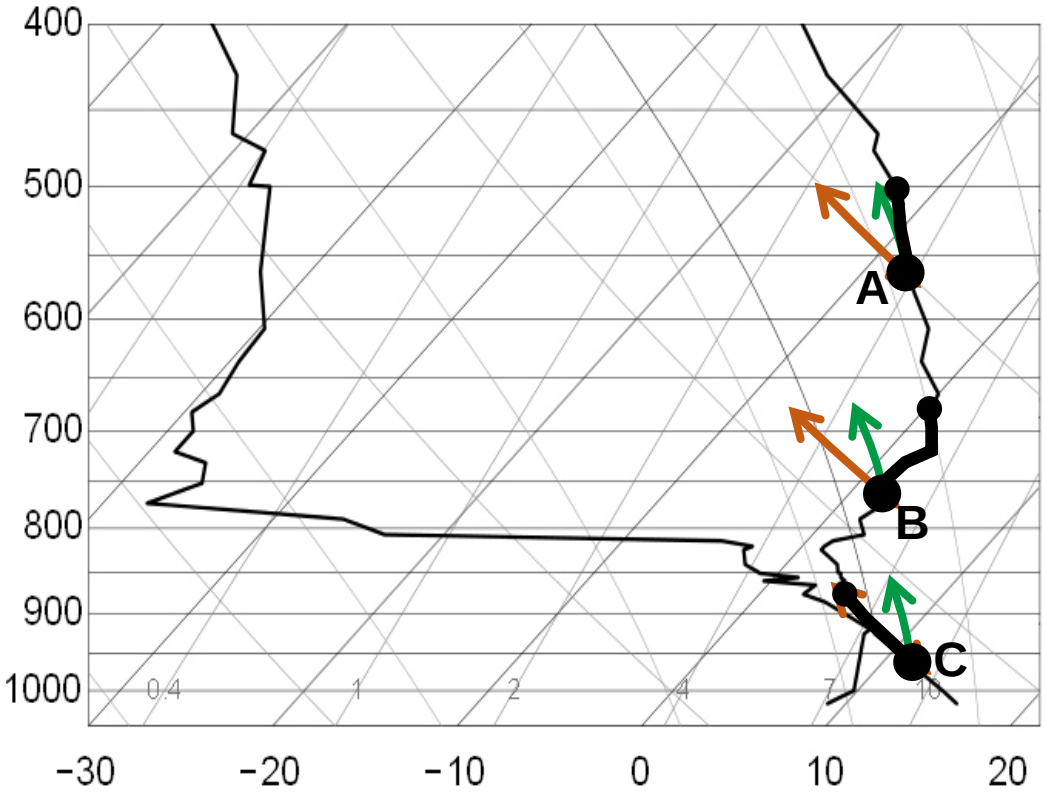


T_{sondeo} disminuye con la altura a una razón mayor que la temperatura de la adiabática seca

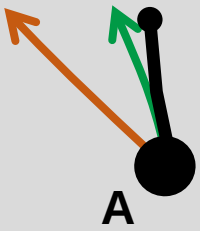
El método de parcelas se concentra en un punto del sondeo, no considera el sondeo completo.

Método de Parcelas

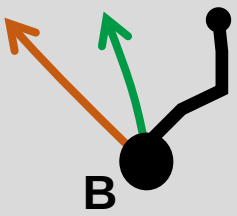
Ejemplo: Sondeo de convección llana (Key West, FL, 04-Mar-2013 00z)



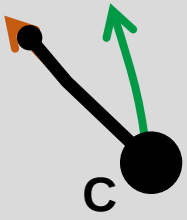
Notar que la parcela ascenderá por la adiabática seca por estar desaturada en A, B y C



ESTABLE
Al ascender la parcela siempre será más fría y densa que el ambiente.



MUY ESTABLE
Al ascender la parcela siempre será más fría y densa que el ambiente.

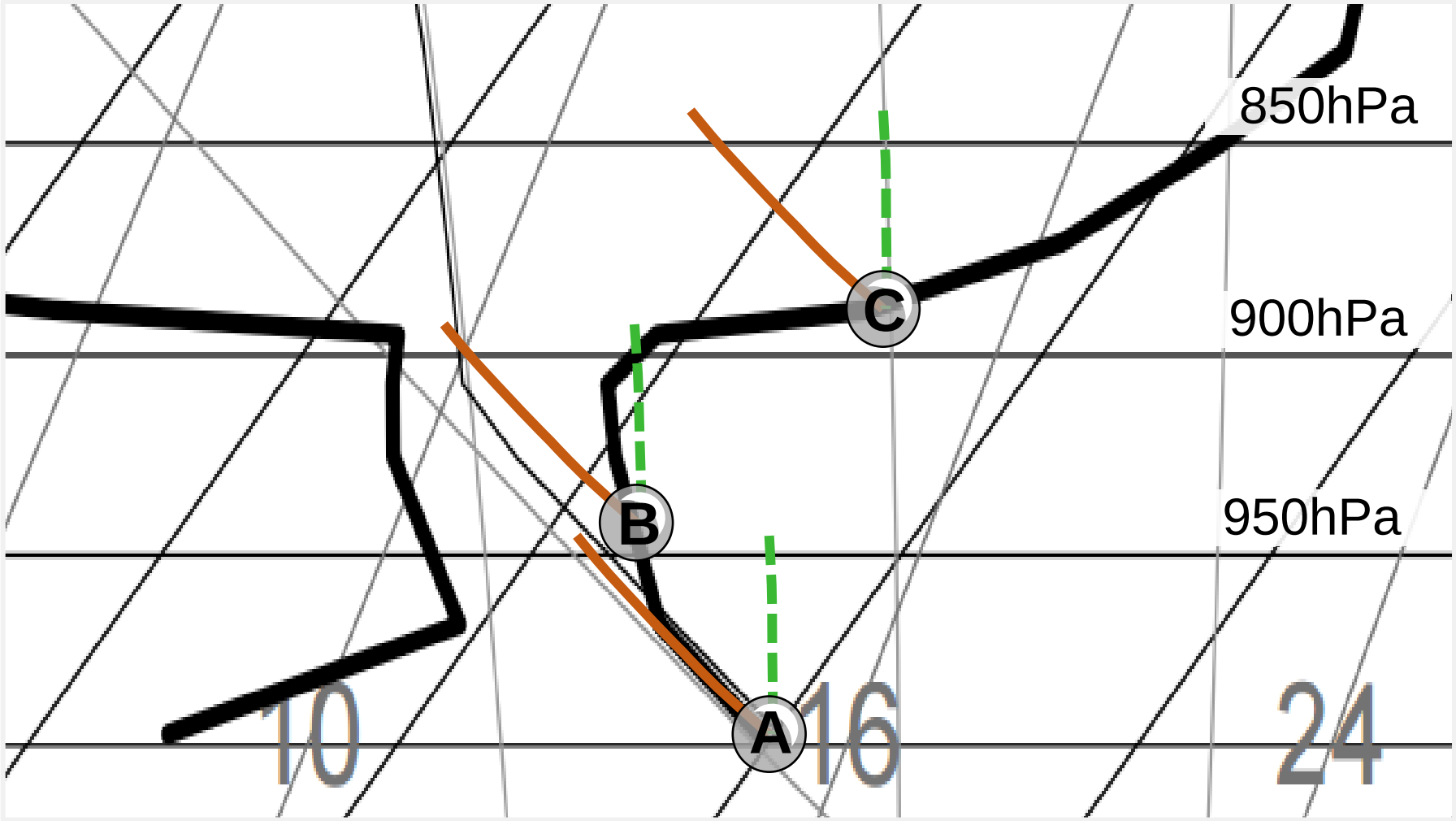


INESTABLE/NEUTRO
Al ascender la parcela será más cálida o tendrá la misma temperatura que el medio ambiente.

Ejercicio de Método de Parcelas

Determine el tipo de estabilidad en A, B y C

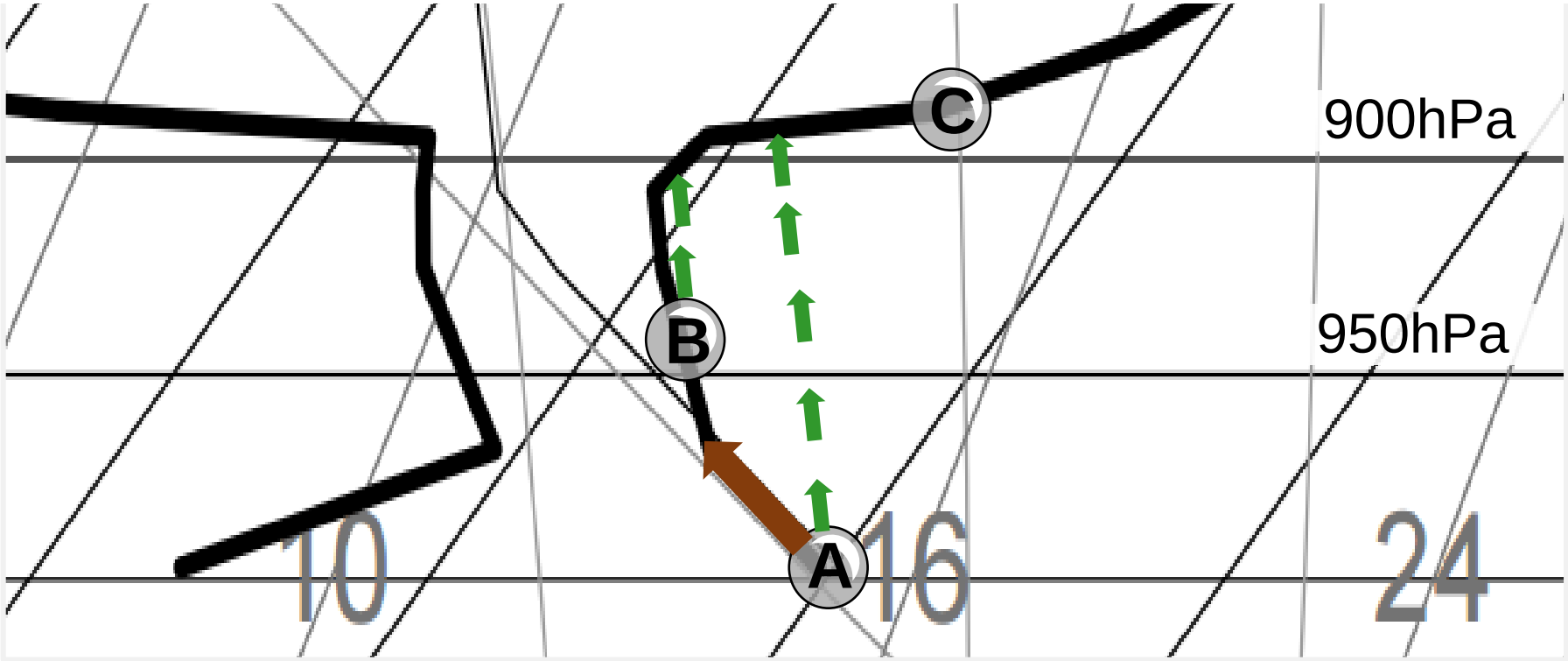
Sondeo de Antofagasta SCFA, 12Z 2016.Feb.14



A: Inestable/neutral. Si la parcela estuviera saturada ascendería hasta los 890 hPa. Como está desaturada ascenderá hasta los 970 hPa.

B. Estabilidad condicional. Si la parcela estuviera saturada ascendería hasta 900 hPa. En este caso no asciende por estar desaturada, lo que la hace estable.

C. Estabilidad extrema. La parcela no puede desplazarse fácilmente en la vertical. Esta es la inversión térmica de la corriente fría de Humboldt.



Estimación de Estabilidad con el Método Termodinámico

Método Termodinámico

- Considera todo el sondeo.
- Estima la trayectoria de una parcela que ascendería desde la superficie.
- Evalúa como esta curva de temperatura se relaciona a la del sondeo.
- Permite estimar la energía potencial disponible para convección (CAPE) y la inhibición convectiva (CINH)

CAPE
Energía Potencial Convectiva Disponible

- Representa energía potencial de parcelas de aire que ascienden sobre el nivel de convección libre (LFC).
  - Mientras más bajo el LFC, mayor probabilidad de desarrollo.

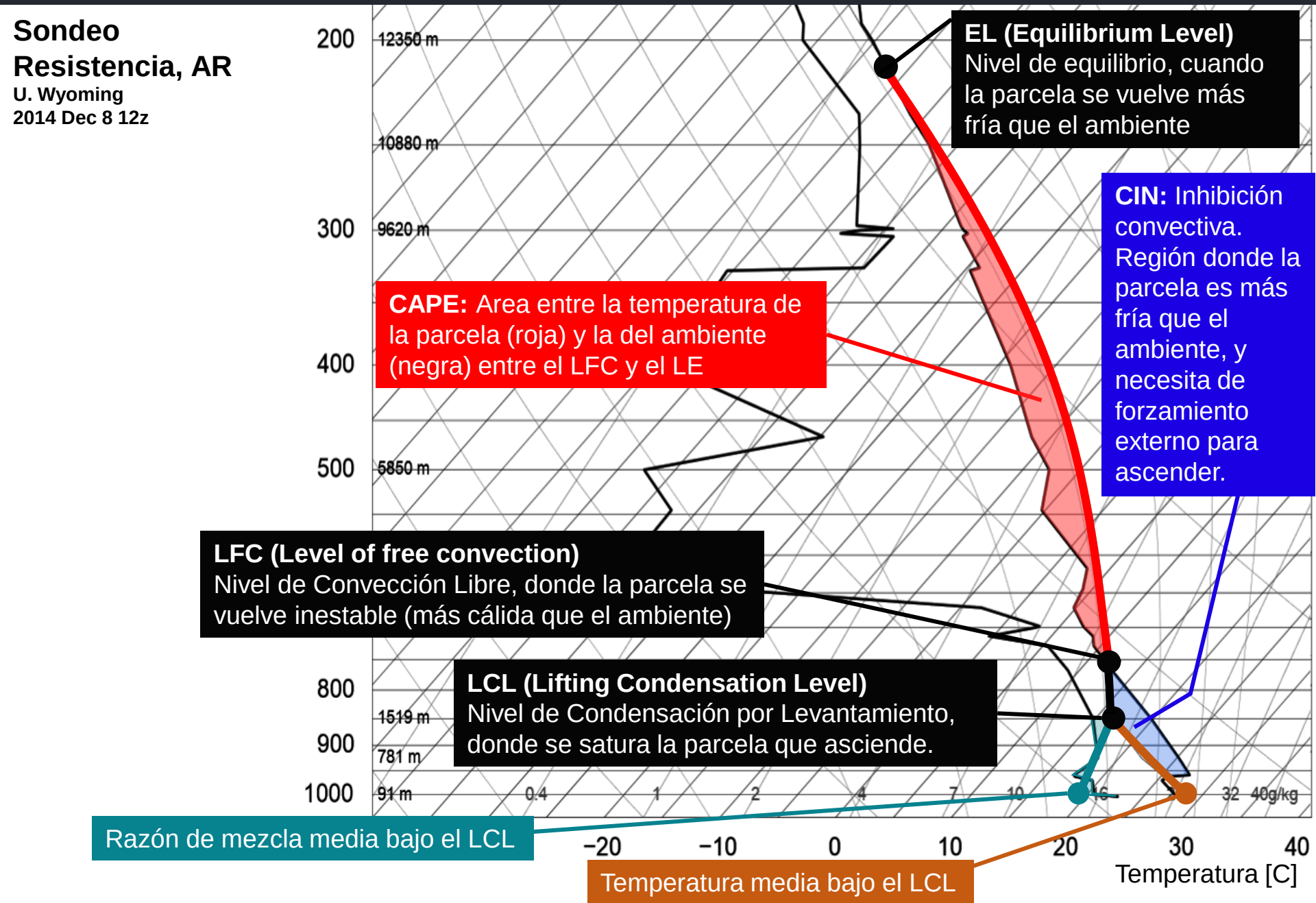
- También es una manera de evaluar el potencial/riesgo de tiempo severo.

- Unidades de Joules por Kilogramo (Energía por unidad de masa)

- Representa la **cantidad de energía disponible para "forzar" una parcela de aire a ascender**
  - También representa la ***cantidad de trabajo*** una parcela ejerce en el medio ambiente.

Estimación Gráfica del CAPE

Sondeo
Resistencia, AR
U. Wyoming
2014 Dec 8 12z

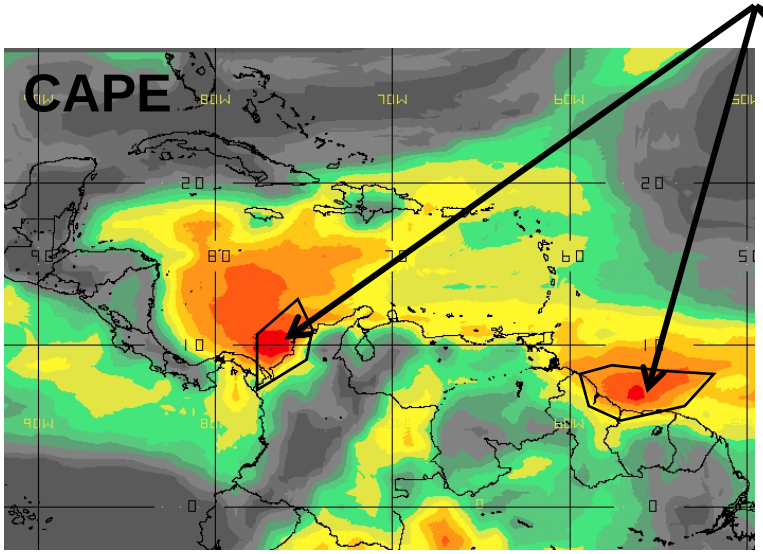


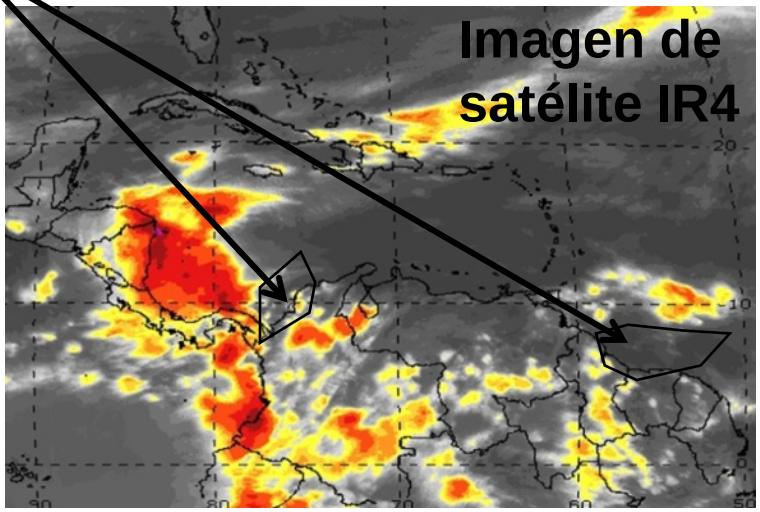
Valores de CAPE
(en latitudes medias)

Valor de CAPE	**Potencial de Convección**
0	**Estable**
0-1000	**Marginalmente Inest.**
1000-2500	**Moderadamente Inest.**
2500-3500	**Bien Inestable**
3500+	**Extremadamente Inest.**

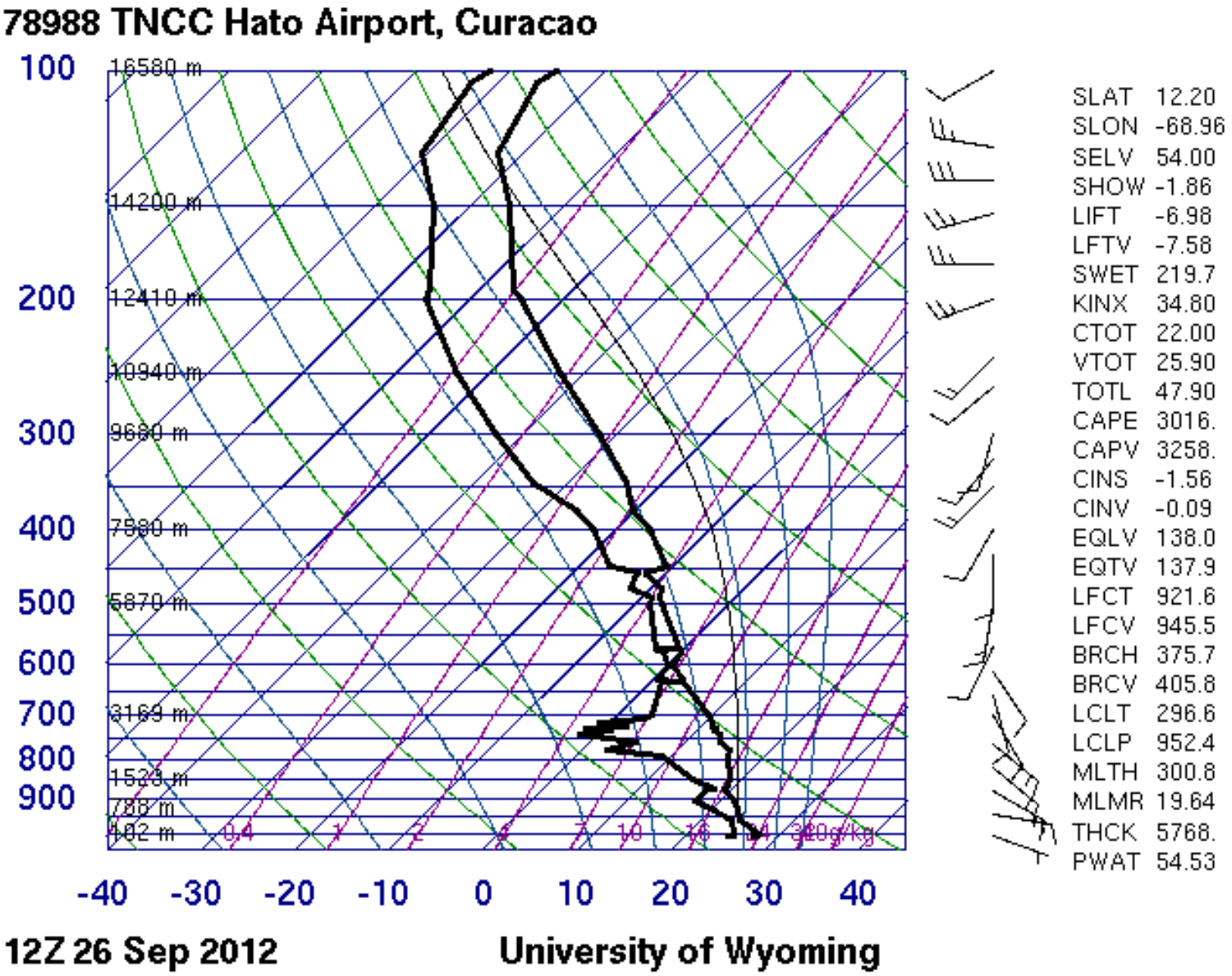
Limitantes del CAPE

- Tiene que tomar en consideración los inhibidores convectivos (CINH)
  - **CINH** **no es directamente** proporcional en magnitud a los valores de CAPE
- Masas en los trópicos generalmente exhiben altos valores de CAPE y en algunos casos no se desarrolla convección profunda. Ejemplo:





Sonda, Curaçao – Buen tiempo



Problemas del CAPE en los Trópicos

- La columna en los trópicos es más profunda, lo cual tiende a generar valores muy altos de CAPE que no siempre son conducibles a convección profunda.

- Atmósfera en los trópicos suele quedar más inestable subsiguiente a la ocurrencia de convección (no antes):

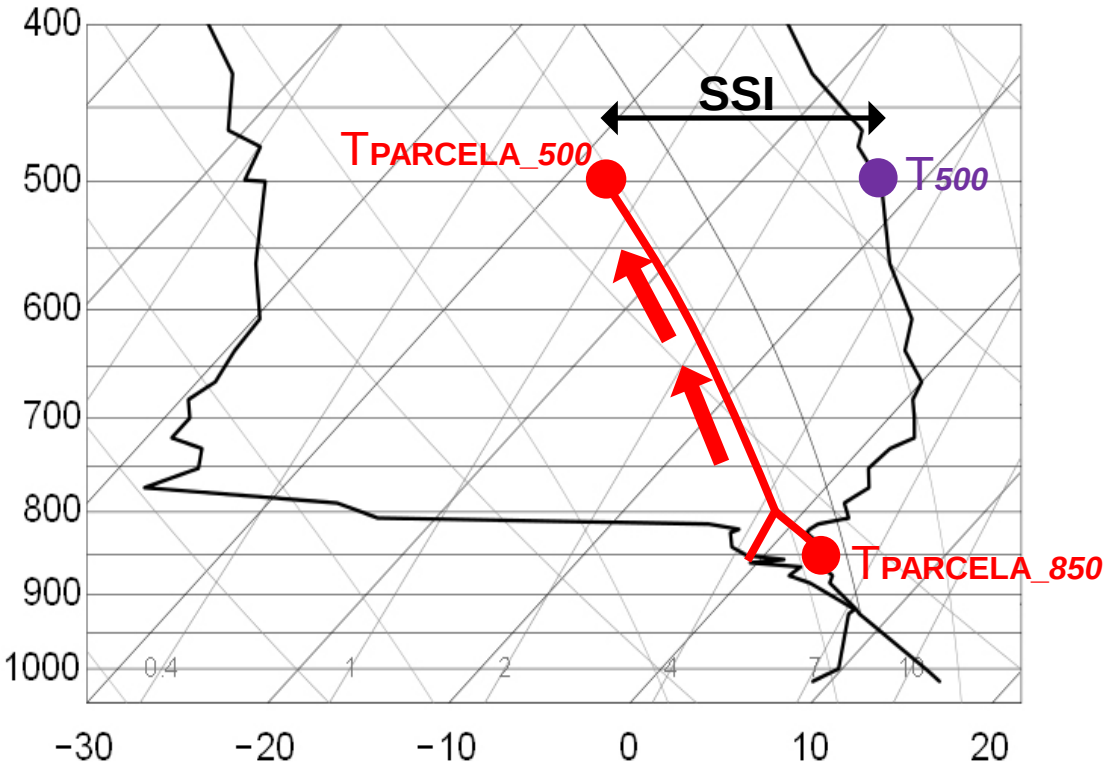
  -Dominan los efectos de la liberación de calor latente y humedecimiento de la columna.

Índices de Estabilidad

Índice de Estabilidad Showalter (SSI)

Showalter, 1953

SSI = Temperatura del ambiente en 500 hPa − Temperatura en 500 hPa de una parcela elevada desde 850 hPa



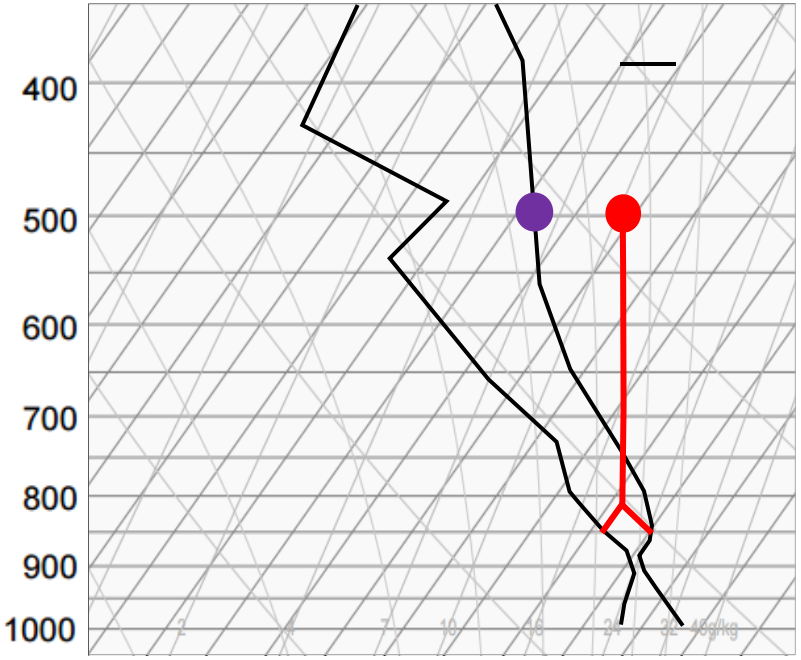
Índice de Estabilidad Showalter (SSI)

Showalter, 1953

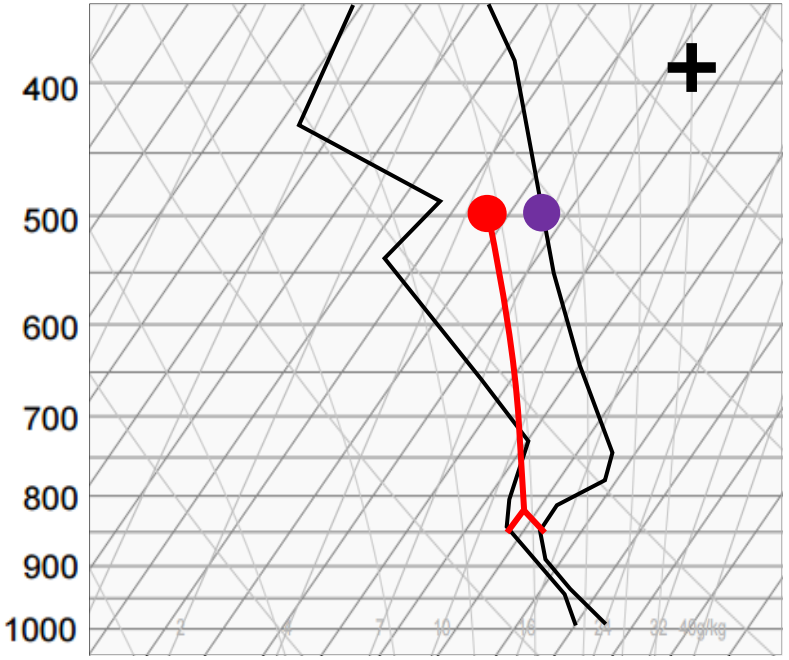
- De los primeros en desarrollarse.
- Mientras más negativo más inestable.
- Negativo: parcela más cálida que el ambiente.

SSI = $T_{500} - T_{PARCELA_500}$

NEGATIVO: INESTABLE



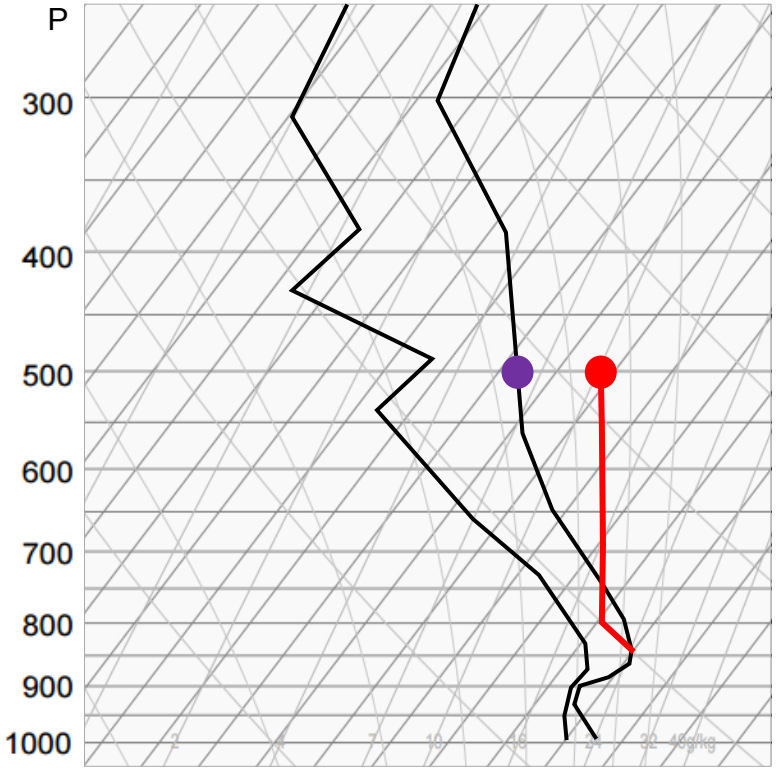
POSITIVO: ESTABLE



Índice de Estabilidad Showalter (SSI)

Showalter, 1953

- De los primeros en desarrollarse.
- Funciona para convección elevada cuando hay una capa fría llana por debajo de los 850 hPa (figura).
- No funciona cuando la capa fría sobrepasa los 850 hPa.
- No toma en consideración calentamiento diurno.
- No funciona si el nivel de la estación es sobre los 850 hPa.
- Considera sólo dos niveles.



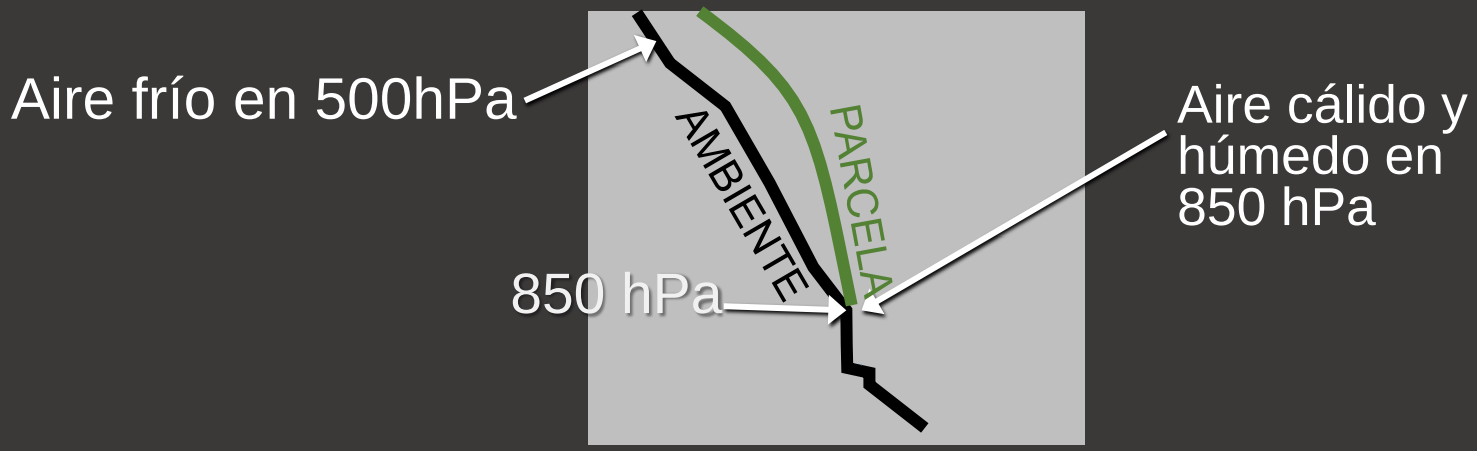
SSI = Positivo o Negativo?

Estable o inestable?

Valores del SSI

- Positivo: Estable
- 0 a -4: Marginalmente Inestable
- -4 a -6: Gran Inestabilidad
- Igual o menor de -8: Inestabilidad Extrema

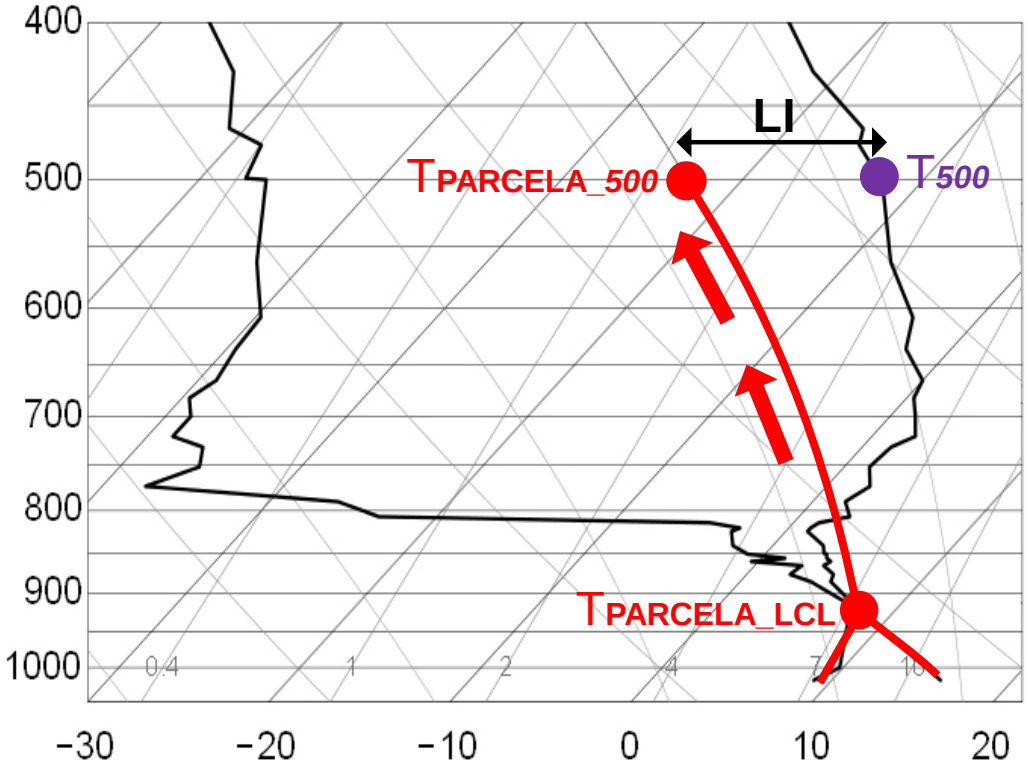
Para inestabilidad (negativo):



Índice Lifted (LI)

Similar al SSI pero usa una parcela de la capa de mezcla/límite.

LI = Temperatura del ambiente en 500 hPa − Temperatura en 500 hPa de una parcela elevada desde la capa límite

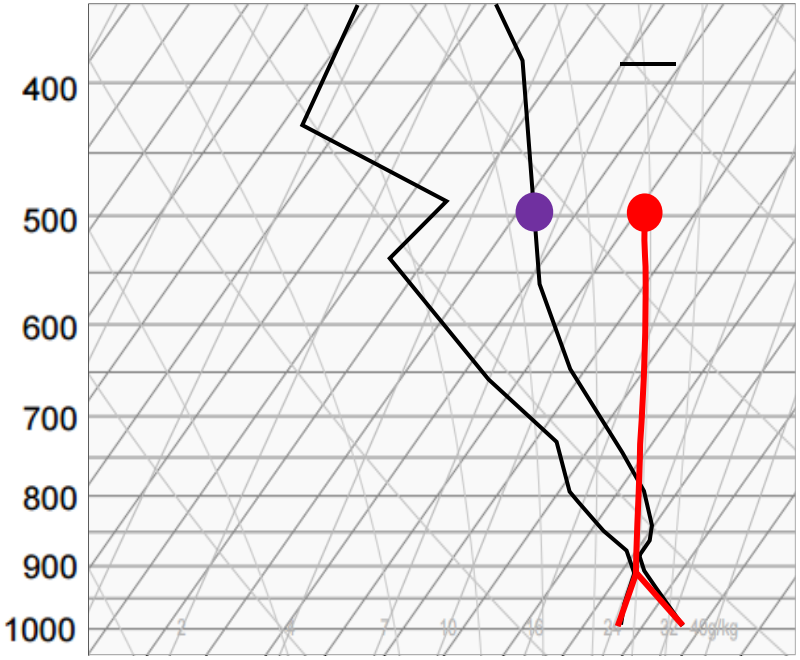


Índice Lifted (LI)

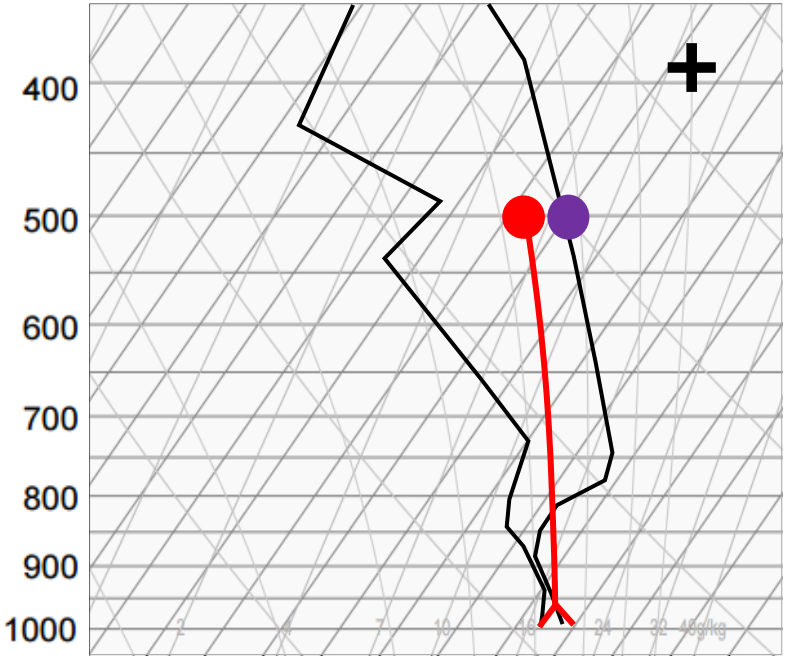
- Mientras más negativo más inestable.
- Limitantes:
  - Considera sólo dos niveles.
  - Aplicable a masas barotrópicas y del lado cálido de vaguadas troposféricas.

LI = $T_{500} - T_{PARCELA_500}$

NEGATIVO: INESTABLE



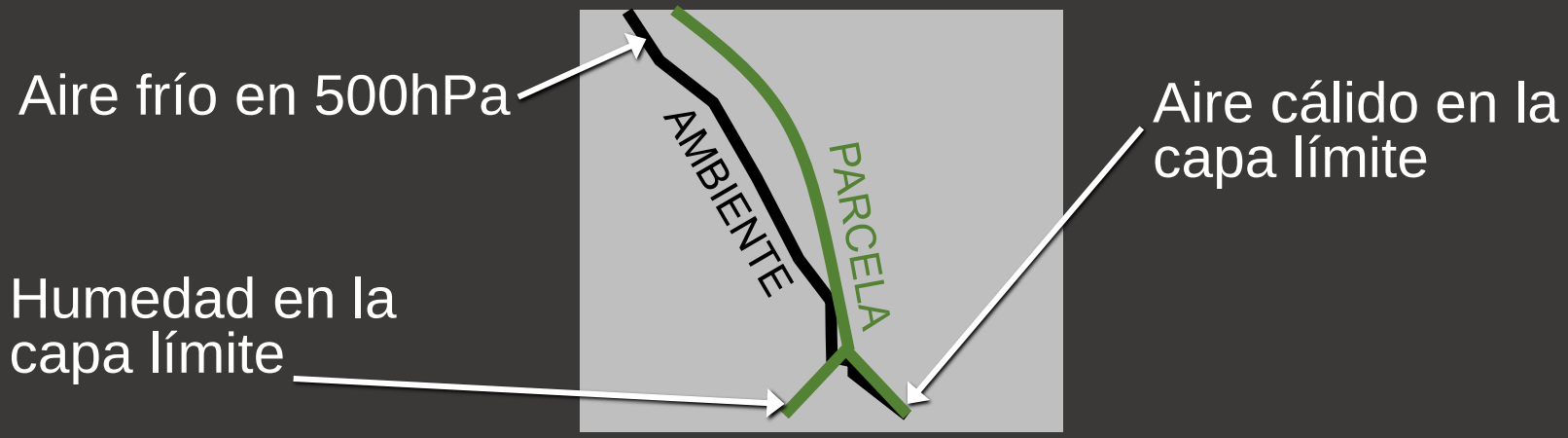
POSITIVO: ESTABLE



Valores del LI

- Positivo: Estable
- 0 a -4: Marginalmente Inestable
- -4 a -6: Gran Inestabilidad
- Igual o menor de -8: Inestabilidad Extrema

Para inestabilidad (negativo):



Comparación del LI y el SSI

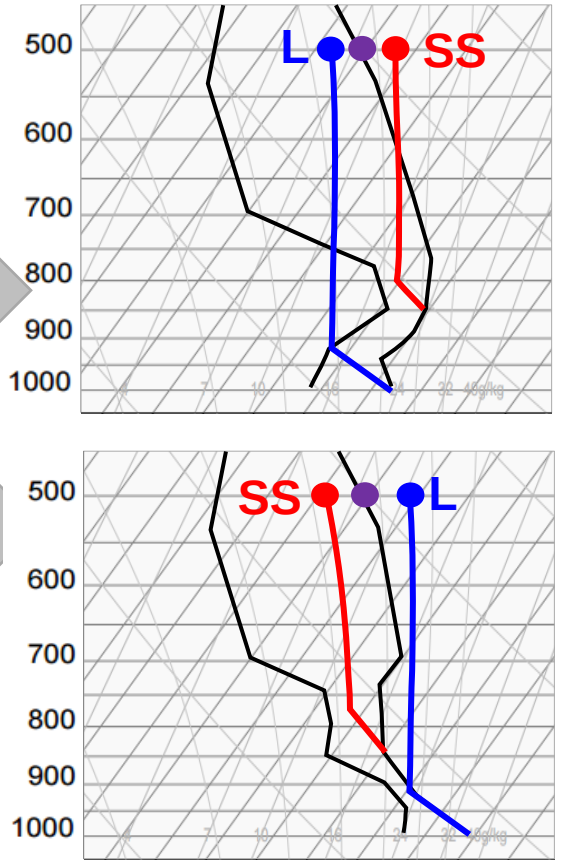
- Ambos solamente consideran dos niveles
  - 500 hPa
  - Nivel original de la parcela a evaluar

A) **LI>0 y SSI>0** = Capa bien estable

B) **LI>0 y SSI<0** = Capa limite estable, pero atmósfera tiende a ser mas inestable con altura.

C) **LI<0 y SSI>0** = Capa limite inestable, posible inversión en altura (sobre 850 hPa).

D) **LI<0 y SSI<0** = Capa inestable profunda



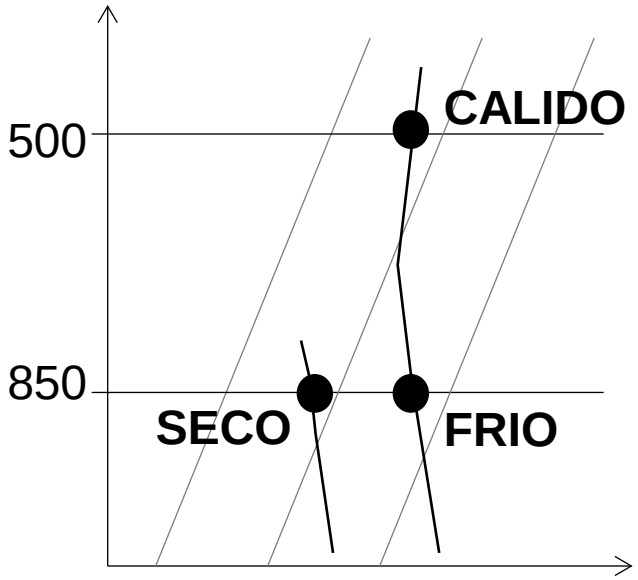
Índice Total Totals

Se calcula con la temperatura de 500 hPa y con la temperatura y rocío en 850 hPa.

$$TT = (T_{850} + T_{d850}) - (2*T_{500})$$

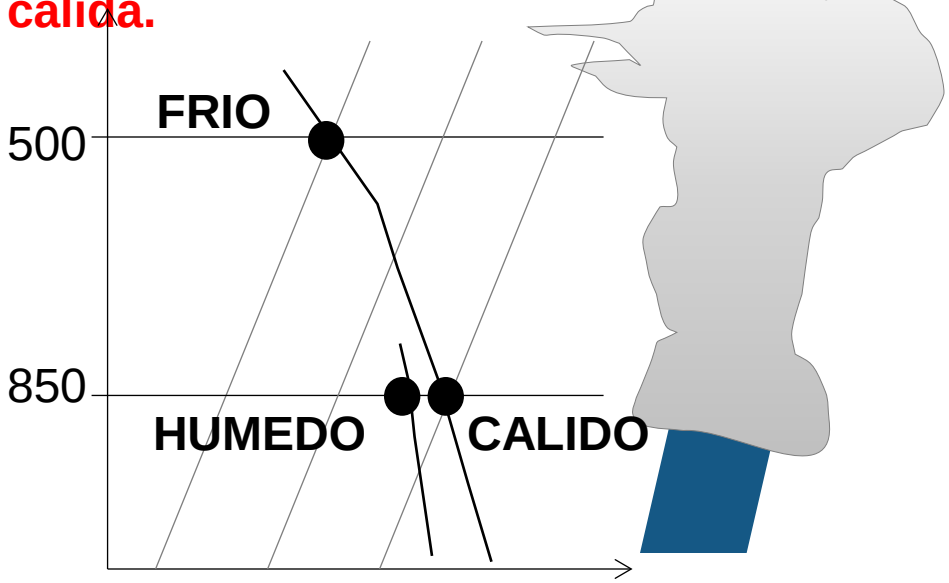
ESTABLE (Valores bajos)

Valores más bajos cuando atmósfera media es cálida, atmósfera baja fría y seca.



INESTABLE (Valores altos)

Valores más altos cuando atmósfera media es fría y seca y la atmosfera baja es cálida.



Indice Total Totals

PROS

- Es fácil de calcular.
- Funciona bien en latitudes medias y, en algunas ocasiones, en los trópicos.
- Interpretación parecida al Showalter SSI.

LIMITACIONES

- Sólo usa dos niveles.
- No funciona en terrenos elevados (Psfc>850 hPa).
- Problemas cuando inversiones ocurren entre estos dos niveles.
- En masas post-frontales tiende a dar valores extremadamente altos.

Índice K

George, 1960

$$K = (T_{850} - T_{500}) + [\, Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}) \,]$$

$(T_{850} - T_{500})$	$[\, Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}) \,]$
Gradiente vertical de temperatura (estabilidad)	Contenido de humedad entre 850 y 700 hPa (agua disponible)

- Tiende a funcionar bien en los trópicos al tomar en consideración el **contenido de agua** en 700 hPa además del de 850hPa
- Bueno para masas marítimas tropicales y tormentas de masa de aire.

Estudio del CIMH (Barbados)

- Norte del Caribe > 24
- Sur del Caribe/SA > 30

Valores del K
(Latitudes Medias)

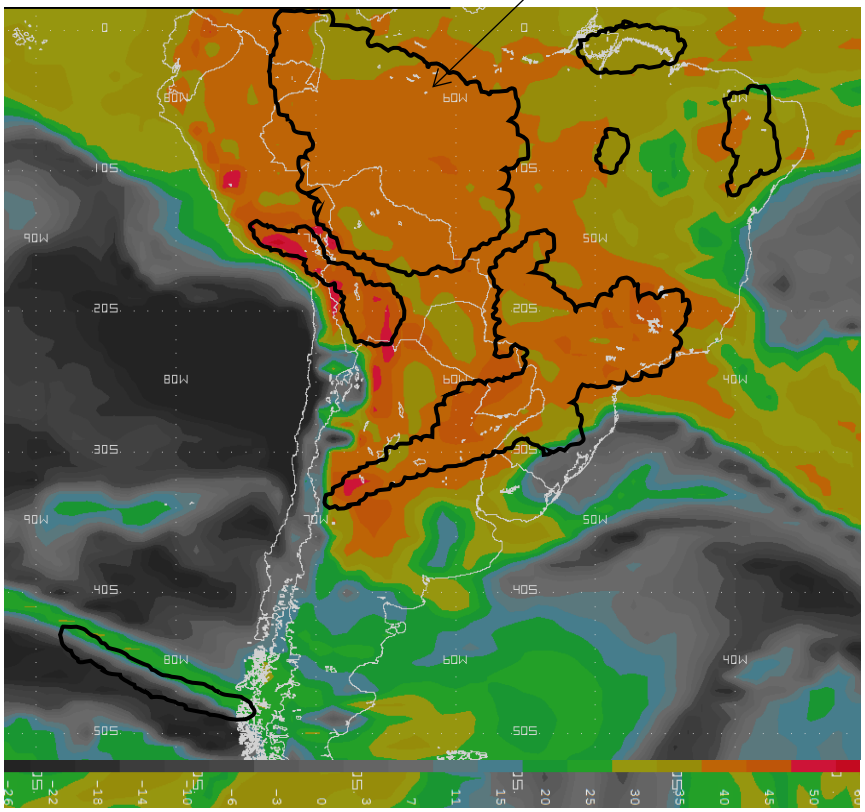
- Cuando los rocíos en 850 son altos, y la depresión en 700 es baja, es indicativo de una masa caliente y húmeda profunda

- 15 – 25 = Potencial Convectivo Bajo
- 26 – 39 = Potencial Convectivo Moderado
- +40 = Potencial Convectivo Alto

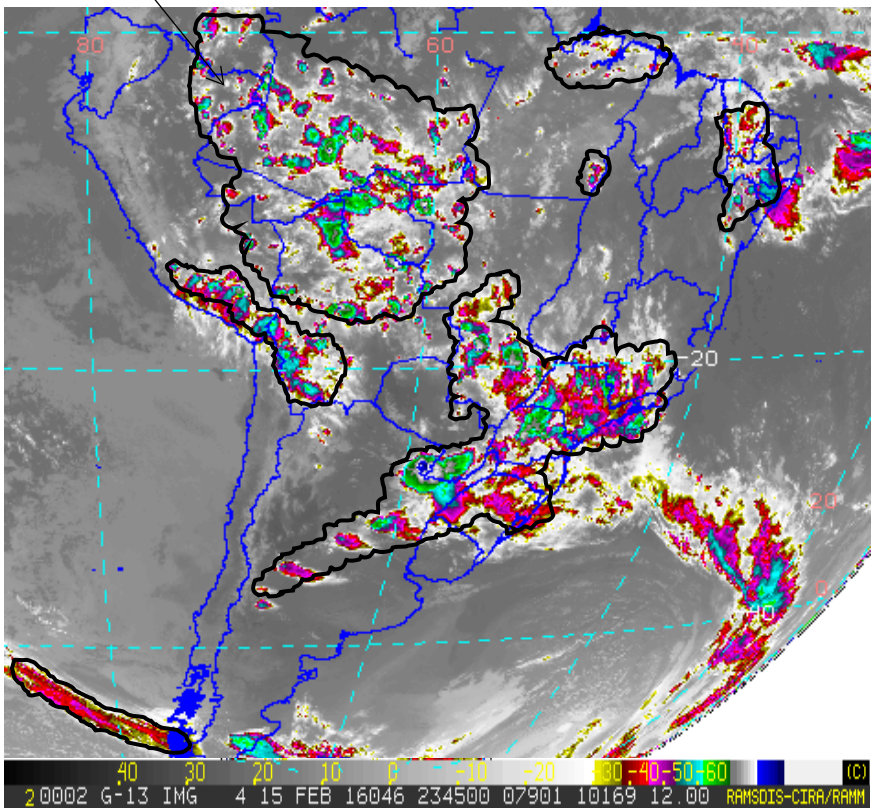
Ejemplo: Índice K en Sudamérica

2016Feb1600Z

AREAS CON CONVECCIÓN PROFUNDA



$K_{GFS_Analysis}$



IR4 Image

Habilidad de algunos Índices en Sudamérica

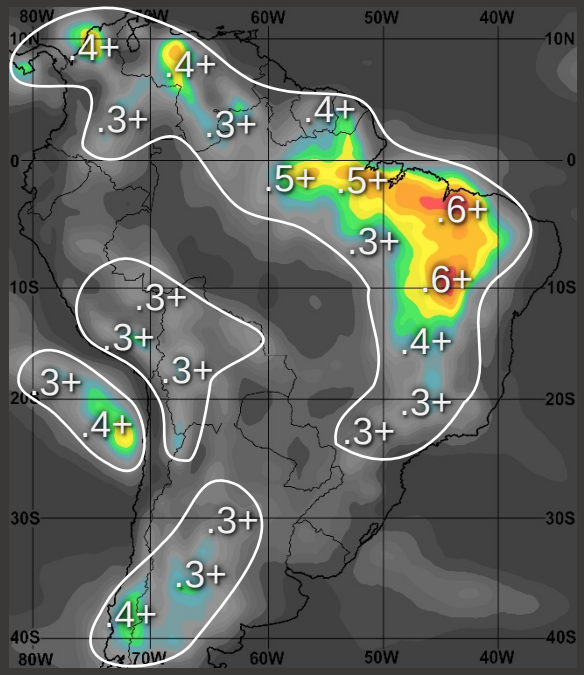
r^2 Indice-OLR

Comparación con promedios diarios,
periodo Oct 2013-Mar 2014

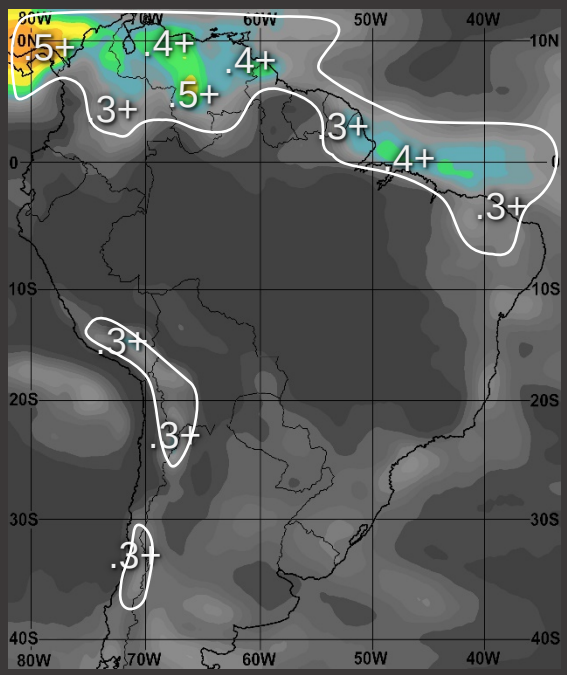
r^2 Indice-OLR

Fracción de la variancia de OLR compartida con cada índice

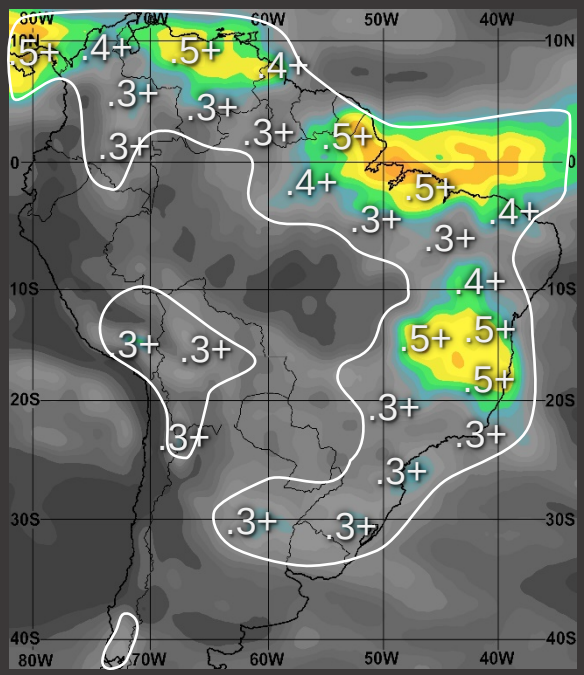
Lifted

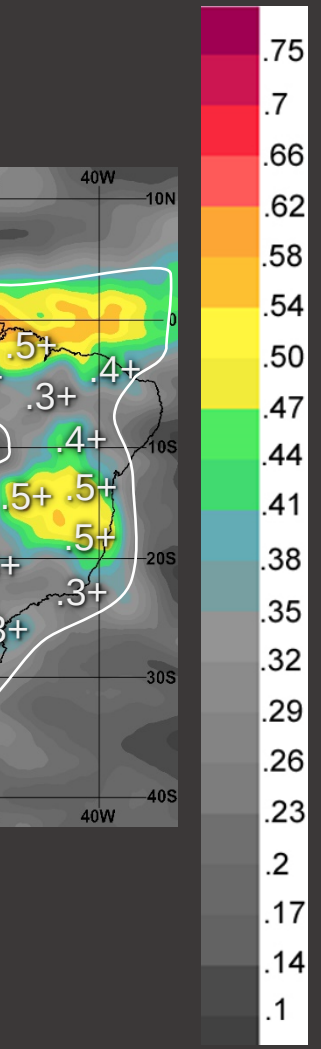


Total-Totals



K





Problemas en los Trópicos

- Atmósfera en los trópicos suele quedar más inestable subsiguiente a la ocurrencia de convección (no antes):

  -Efectos de la liberación de calor latente y humedecimiento de la columna.

- Método de parcela funciona mejor cuando hay aire frío en niveles superiores
  - TUTT presente

- La columna en los trópicos es más profunda, lo cual tiende a generar valores muy altos de CAPE que no siempre son conducibles a convección profunda.

Posible Solución para los Trópicos

- Tenemos que considerar la columna completa
  - Distribución vertical de humedad es muy importante.
  - Gradientes verticales de temperatura son muy sutiles.

- Forzamiento meso-sinóptico en los trópicos por lo general es también muy suave/sutil.
  - Forzamiento depende mas de efectos de radiación, brisas, efectos topográficos.

- Convección tropical tiende a depender más de la ***inestabilidad convectiva***.

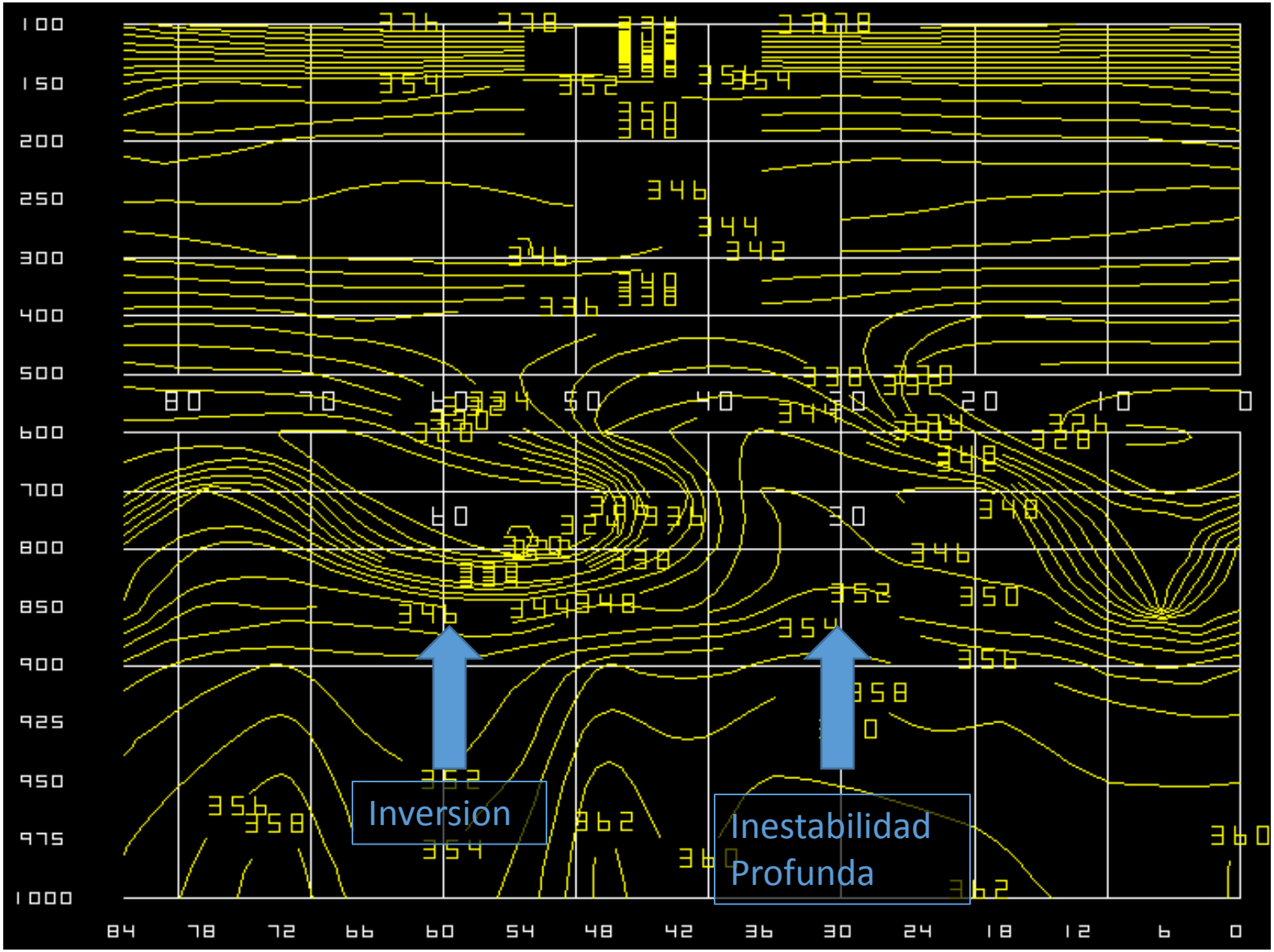
Inestabilidad Convectiva en la Columna

- Puede evaluarse con perfiles verticales de temperatura equivalente potencial (THTE).
  - Esta combina efectos de temperatura y humedad.

- La columna se considera convectivamente inestable cuando la temperatura equivalente potencial (THTE) ***disminuye*** con la altura.

- Si THTE aumenta con la altura, donde aire cálido y húmedo queda sobre aire frío y seco, la columna esta convectivamente estable.

Temperatura Equivalente Potencial
Inestabilidad Convectiva

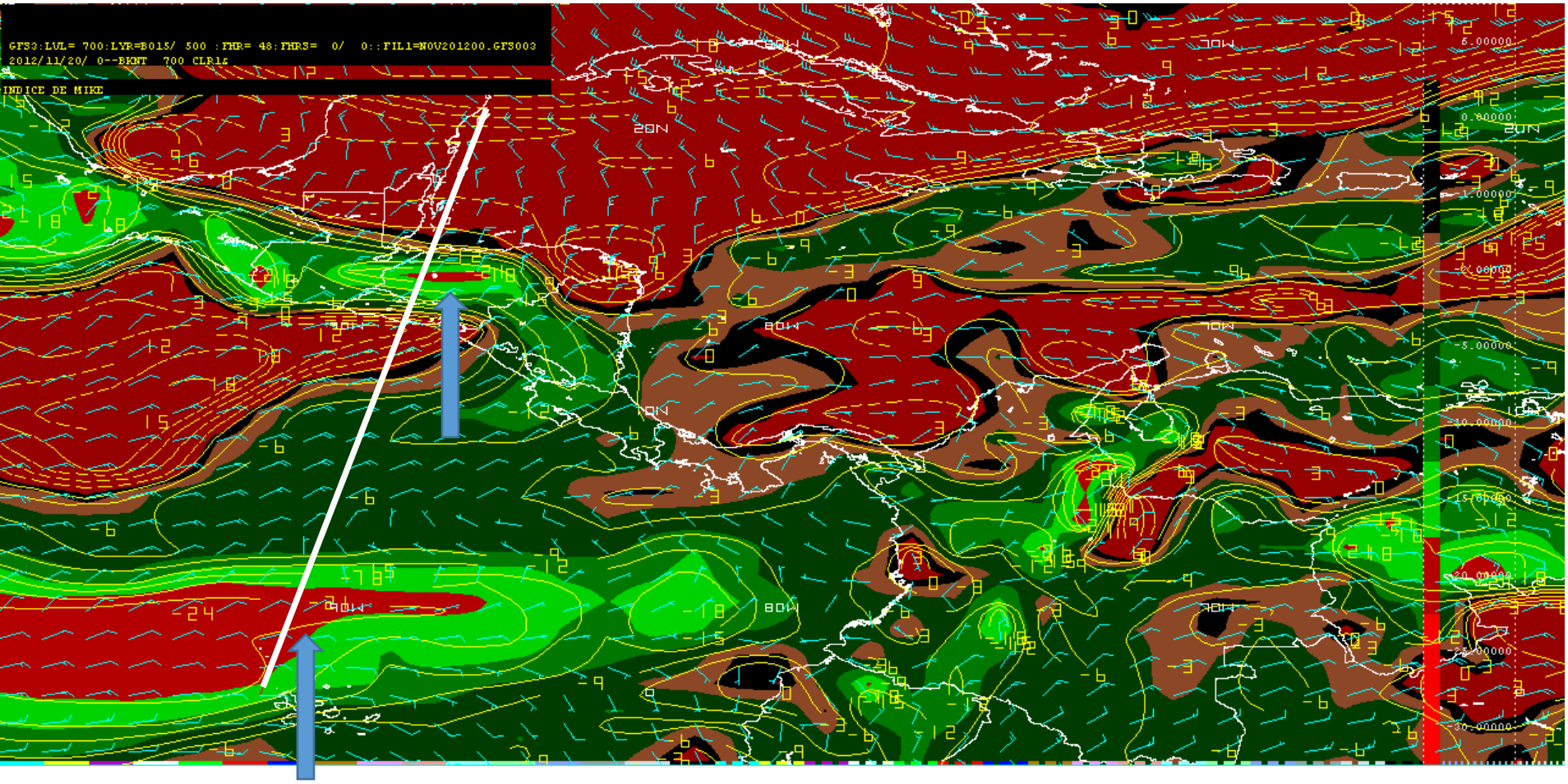


Inestabilidad Convectiva

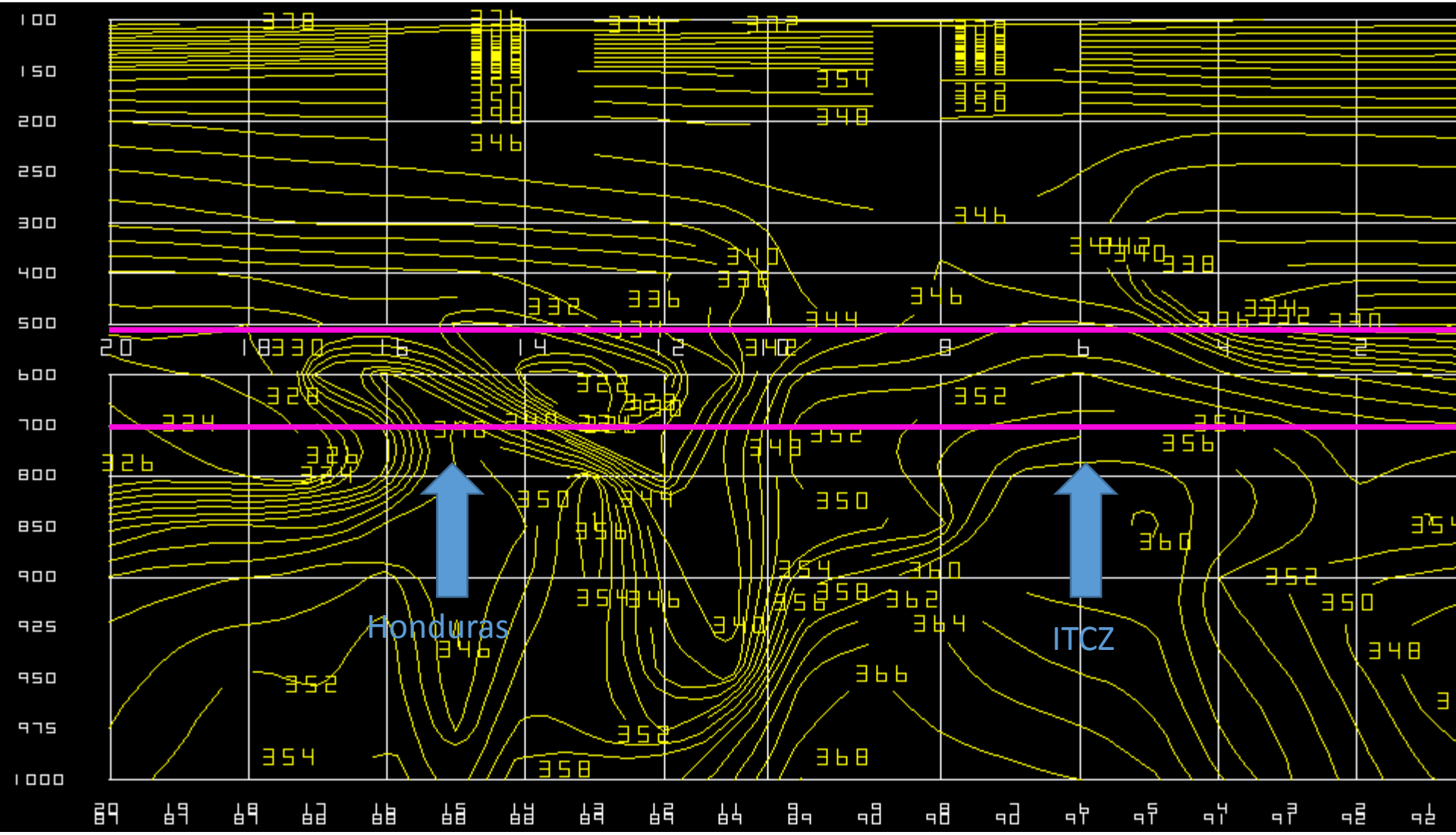
- **Solución**: Si sacamos la diferencia ***algebraica*** entre dos niveles, esto capturaría la tendencia en la atmósfera y nos permitiría ver rápidamente en el plano donde la columna esta convectivamente inestable.

  - THTE 700 – THTE 850
    - Dif > 0, Estable
    - Dif < 0, Inestable

Diferencia de THTE entre dos niveles



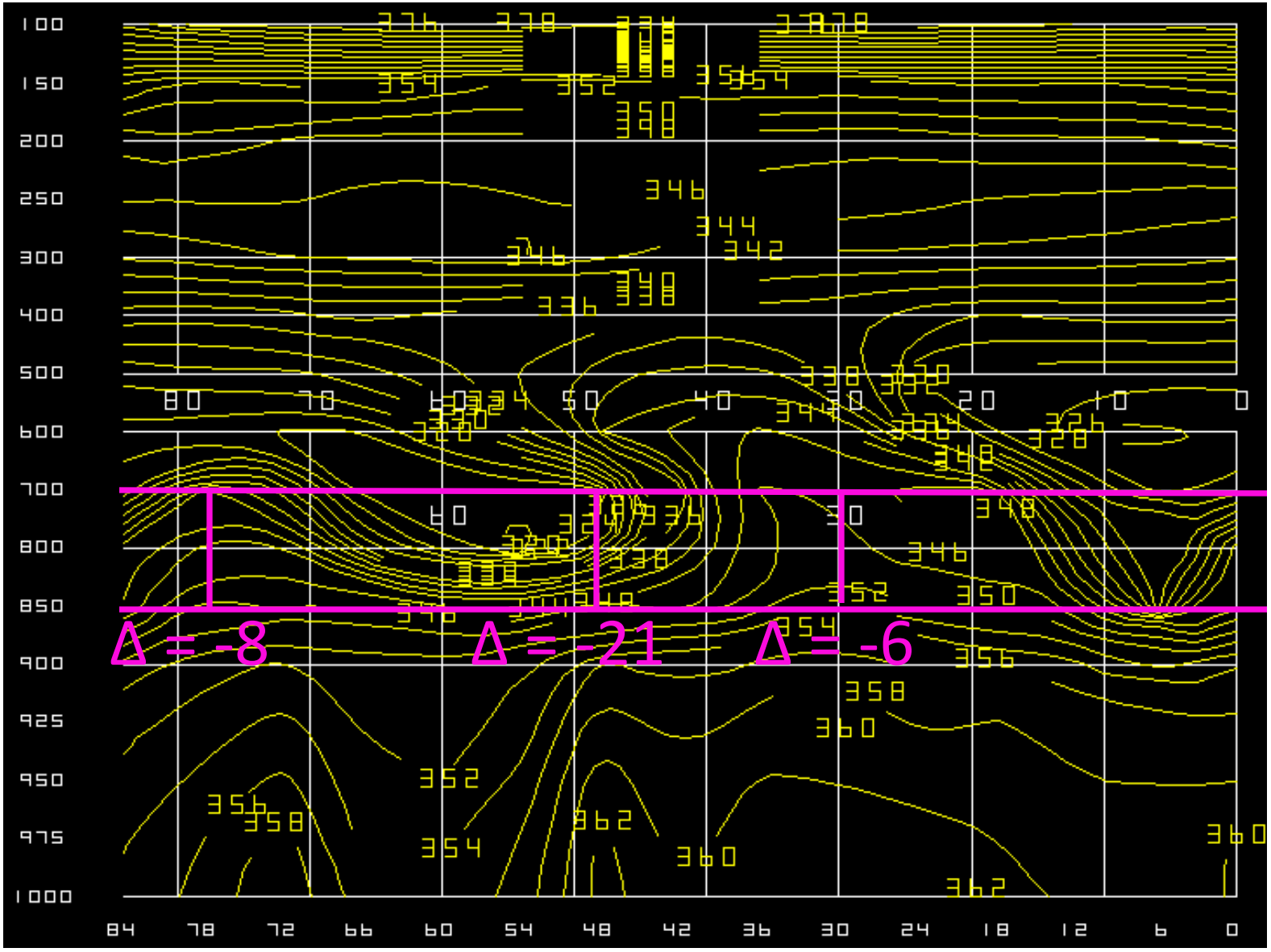
Diferencias de THTE en el Corte Vertical



Problemas con este método

- No toma en consideración espesor de la columna
- No distingue entre cuñas termales y las inversiones atmosféricas
  - Gradientes verticales en las cuñas más pronunciados
- Exhibe las mismas limitantes del método de parcelas

Temperatura Equivalente Potencial



¿Es posible mejorar el análisis de estabilidad?

Índice de Inestabilidad Convectiva Gálvez-Davison (GDI)

José Manuel Gálvez
Mike Davison

2013

Motivación

- Interés surgió durante entrenamientos en QPF en los escritorios internacionales de WPC/NCEP/NWS/NOAA.

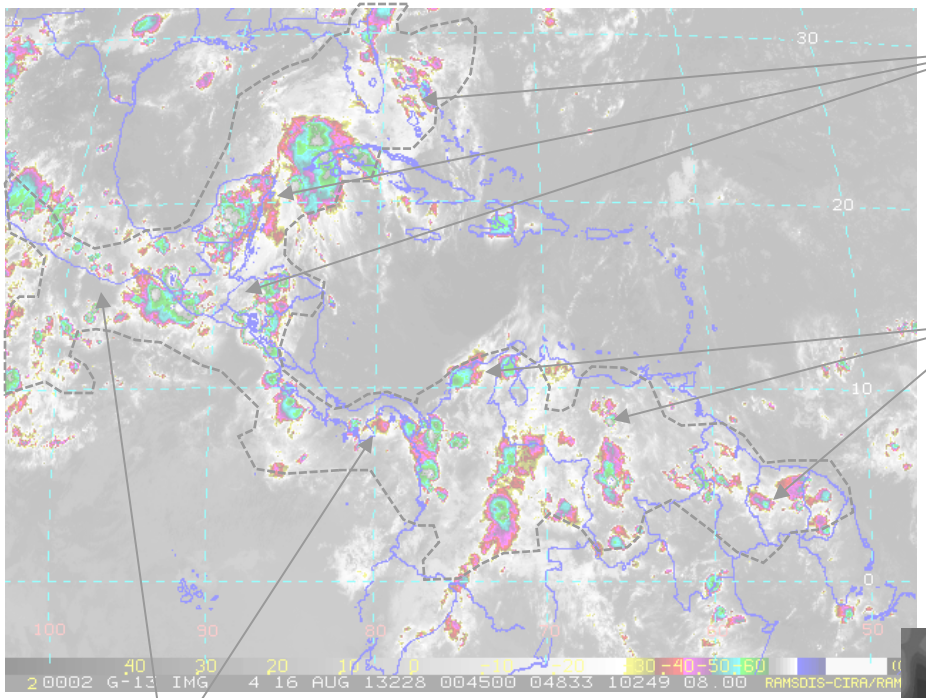
- El trabajo de >20 años de Mike Davison le permitió identificar **variabilidad regional en la habilidad de los índices de estabilidad para el pronóstico de convección**

- Los índices tradicionales funcionan mejor en el extra trópico pues han sido diseñados para estas regiones.

- En el trópico tienen problemas. El mejor es el índice K, pero tiene limitaciones.

Ejemplo de Convección en el Caribe

Agosto 16 2013, 00-12z



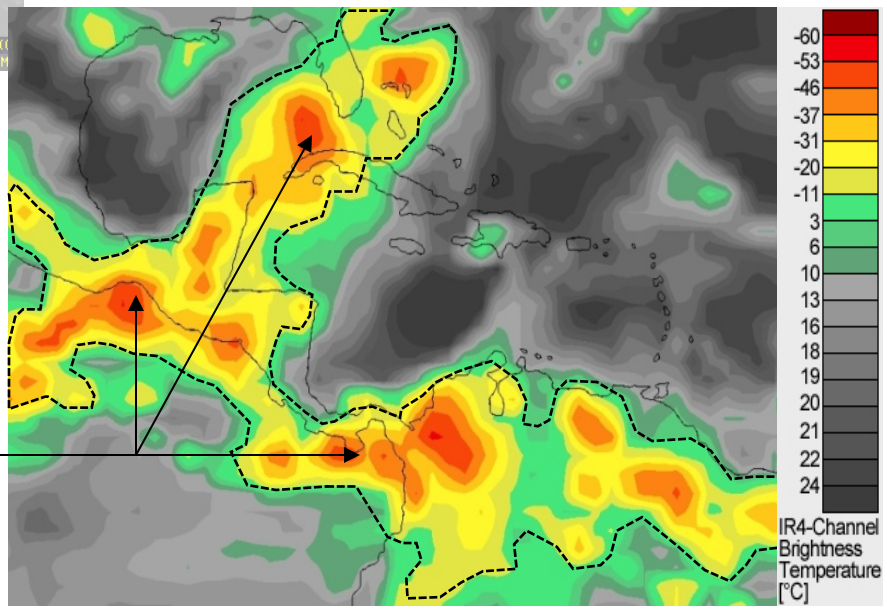
Convección profunda en Guatemala – El Salvador – Honduras - Yucatán - NW Cuba y norte de las Bahamas

Tormentas diurnas activas en Sudamérica

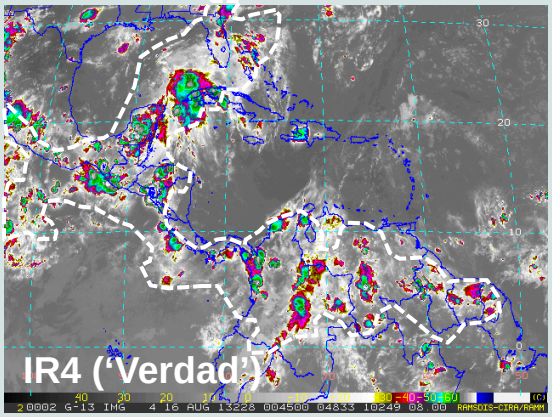
Numerosas tormentas al sur de Panamá/Costa Rica y sur de México.

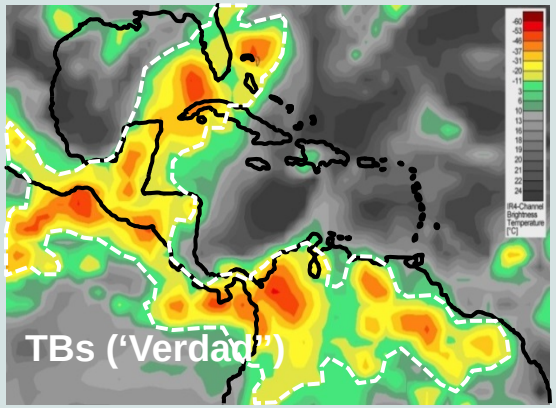
Temperatura de brillo promedio

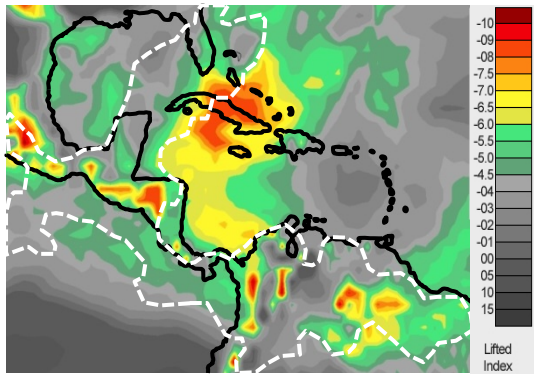
Rojo = Topes más fríos = más tormentas



Qué tan bien lo capturaron los índices?



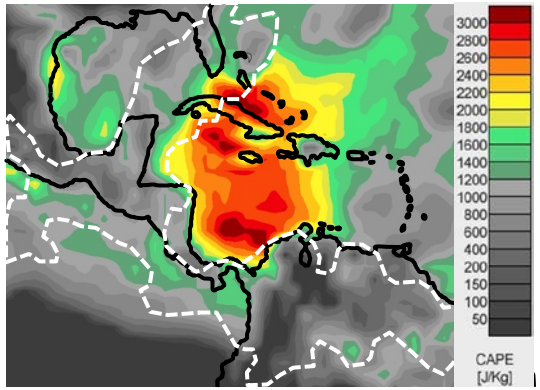




Lifted Index ✖ … no muy bien

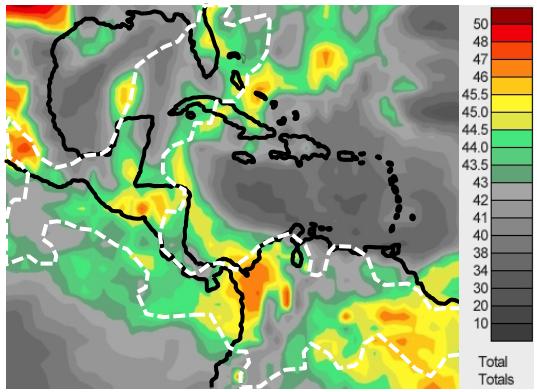
- Mejor en latitudes medias donde hay mayores gradientes verticales de temperatura. No tan mal en regiones montañosas.

$|dT/dz|_{TROPICO} < |dT/dz|_{LAT.MEDIAS}$



CAPE ✖… no muy bien

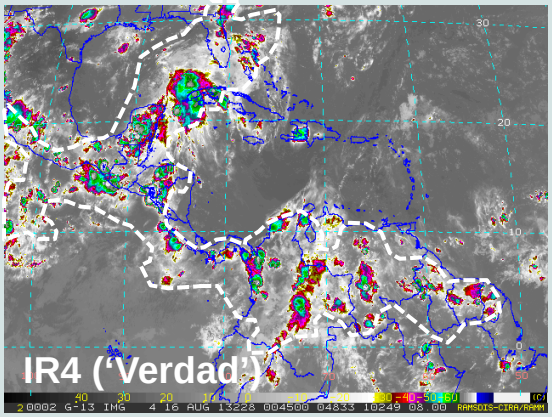
- No funciona en el Caribe. A pesar de que el CIN puede ser grande y relevante en el trópico, los valores del CAPE no se correlacionan con la convección más intensa.
- CAPE puede ser muy alto porque la tropopausa es muy alta.

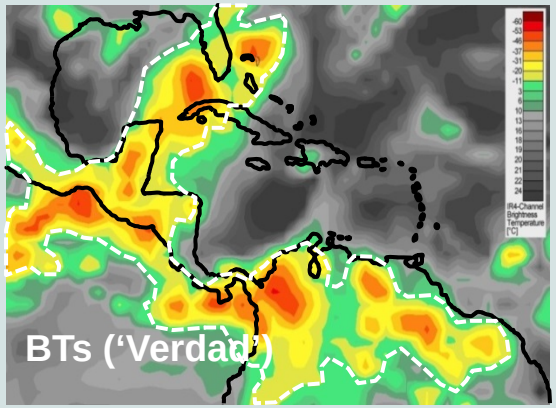


Total Totals ✖…no muy bien

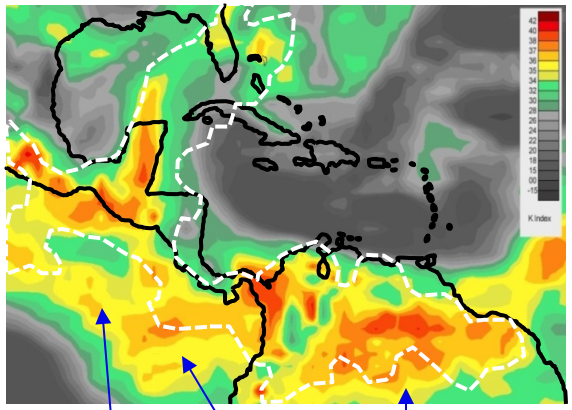
- También es bastante limitado en el trópico.

Cómo funcionó el K?





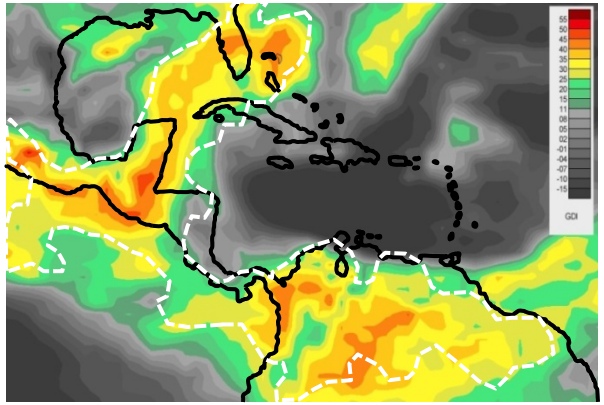
El índice K es usualmente la mejor herramienta para la convección tropical.



- El **K funcionó mejor**.
- Considera humedad a 700hPa, que es un predictor importante en el trópico.
- Limitaciones:
  - Muy homogeneo cerca al ecuador.
  - Exagera cobertura.
  - Problemas discerniendo entre diferentes regimenes de conveccion llana.

Se puede mejorar?

Indice Gálvez-Davison →



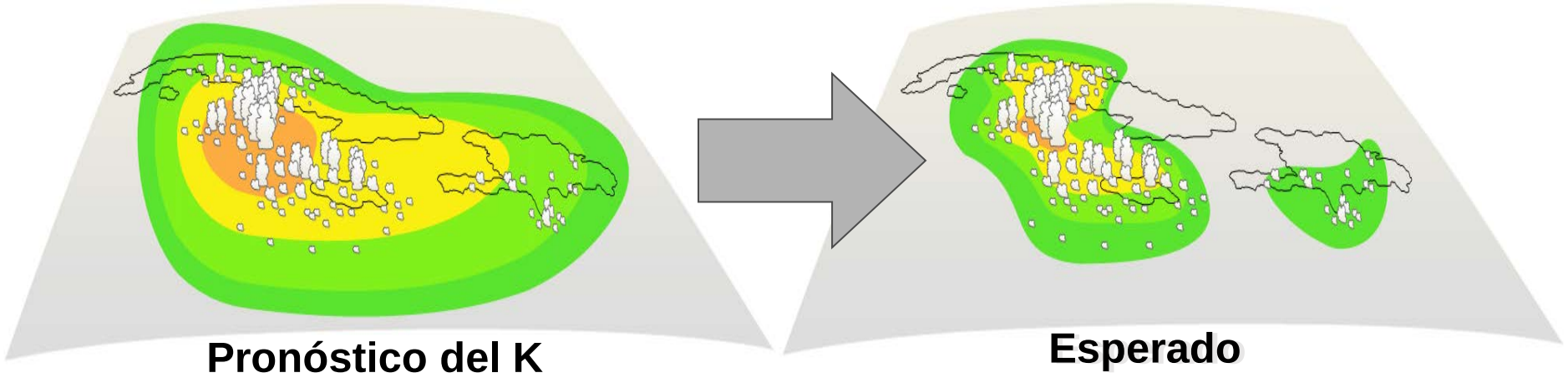
El Indice Gálvez-Davison (GDI)

Qué es?

Es un **índice de estabilidad** generado para **mejorar el pronóstico de convección en los tropicos** (e.g. “ Se esperarían tormentas, chubascos o buen tiempo?”)

Beneficios deseados

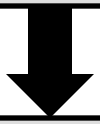
- Resaltar efectos de los procesos importantes que regulan la convección en regímenes de vientos alisios (e.g. subsidencia y vaguadas de altura).
- Mejorar pronósticos del índice K.
  →Mejorar detalle en las áreas favorables para convección.



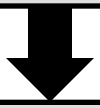
Pronóstico del K **Esperado**

Etapas para generar un índice de estabilidad

(1) Identificar procesos termodinámicos que modulan la convección en la región.



(2) Identificar el reflejo de estos procesos en las variables atmosféricas.



(3) Combinar las variables relevantes para terminar con un valor que refleje la inestabilidad convectiva.

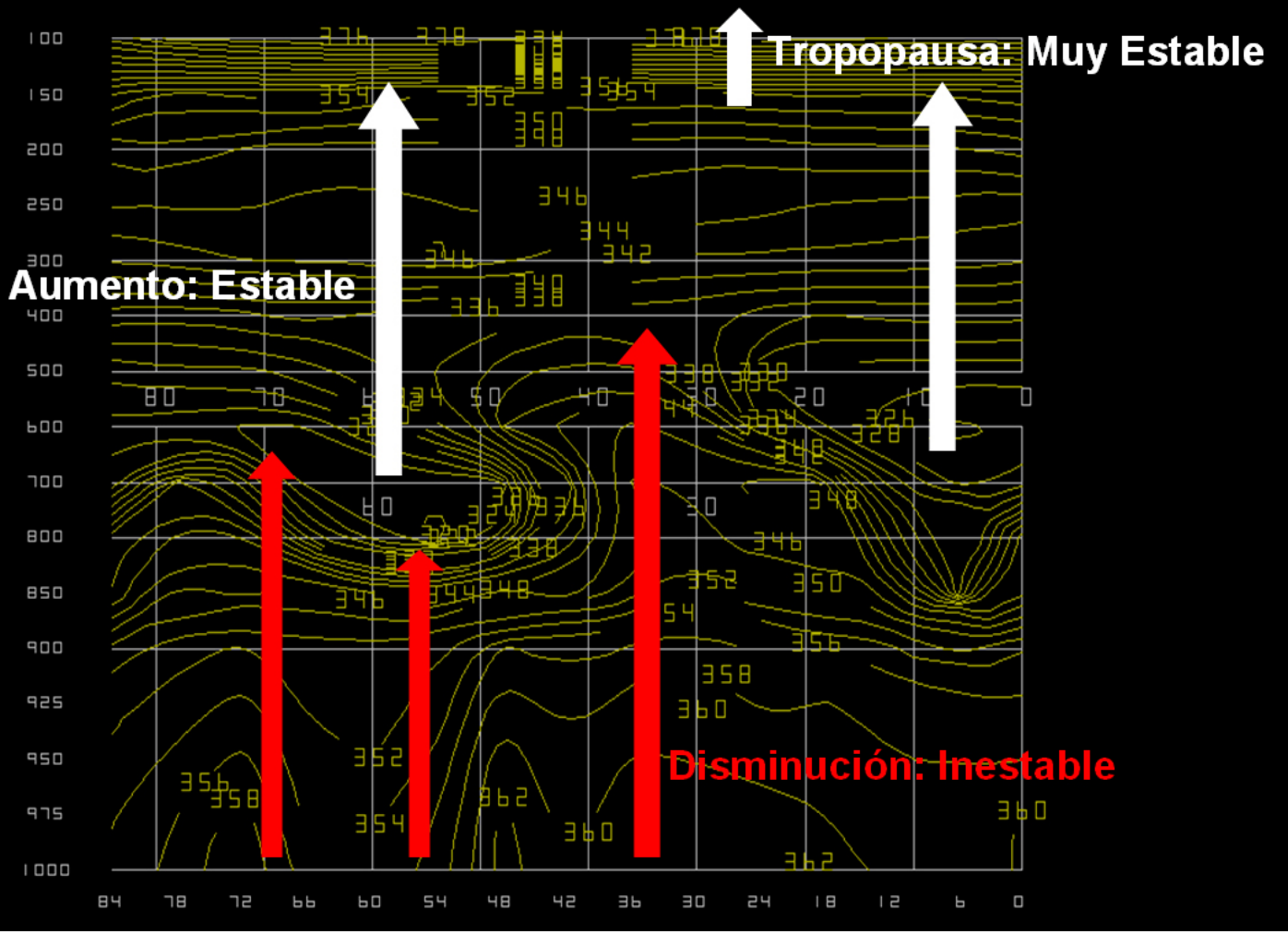
Inestabilidad Convectiva en la Columna

- Puede evaluarse con perfiles verticales de temperatura equivalente potencial (THTE).
  - THTE: La temperatura de una parcela de aire si a su temperatura sensible se le suma el calor liberado por condensación a presión constante.
  - Esta combina efectos de temperatura y humedad.

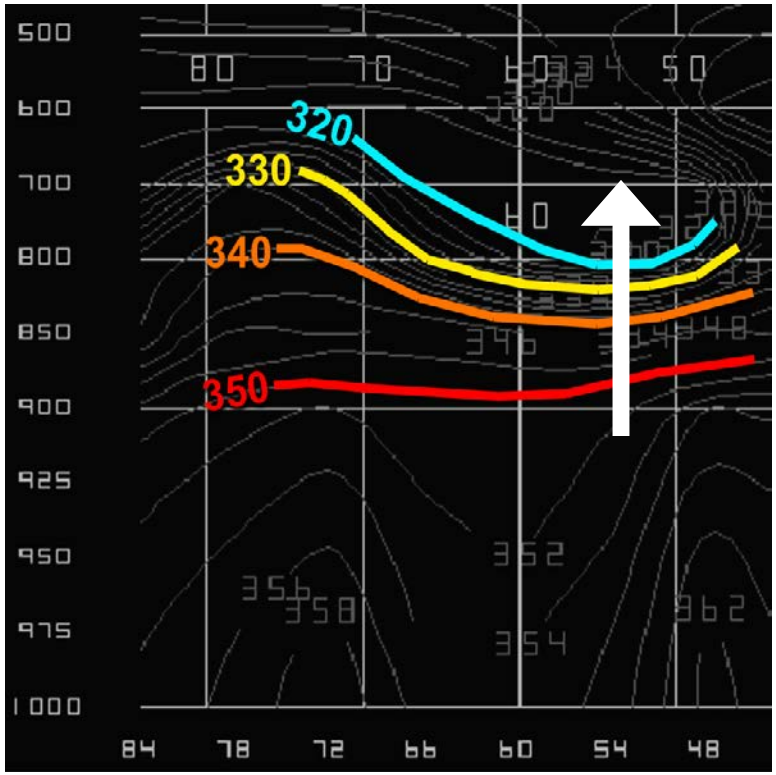
- La columna se considera convectivamente inestable cuando la temperatura equivalente potencial (THTE) ***disminuye*** con la altura.

- Si THTE aumenta con la altura, donde aire cálido y húmedo queda sobre aire frío y seco, la columna esta convectivamente estable.

Temperatura Potencial Equivalente e Inestabilidad Convectiva



Particularidad: THTE en inversiones de subsidencia



- Al subir a través de una inversión de subsidencia, THTE disminuye bruscamente.

- Esto sugeriría una capa convectivamente muy inestable. Pero aquí no se aplica. ¿Qué sucede?

Explicación

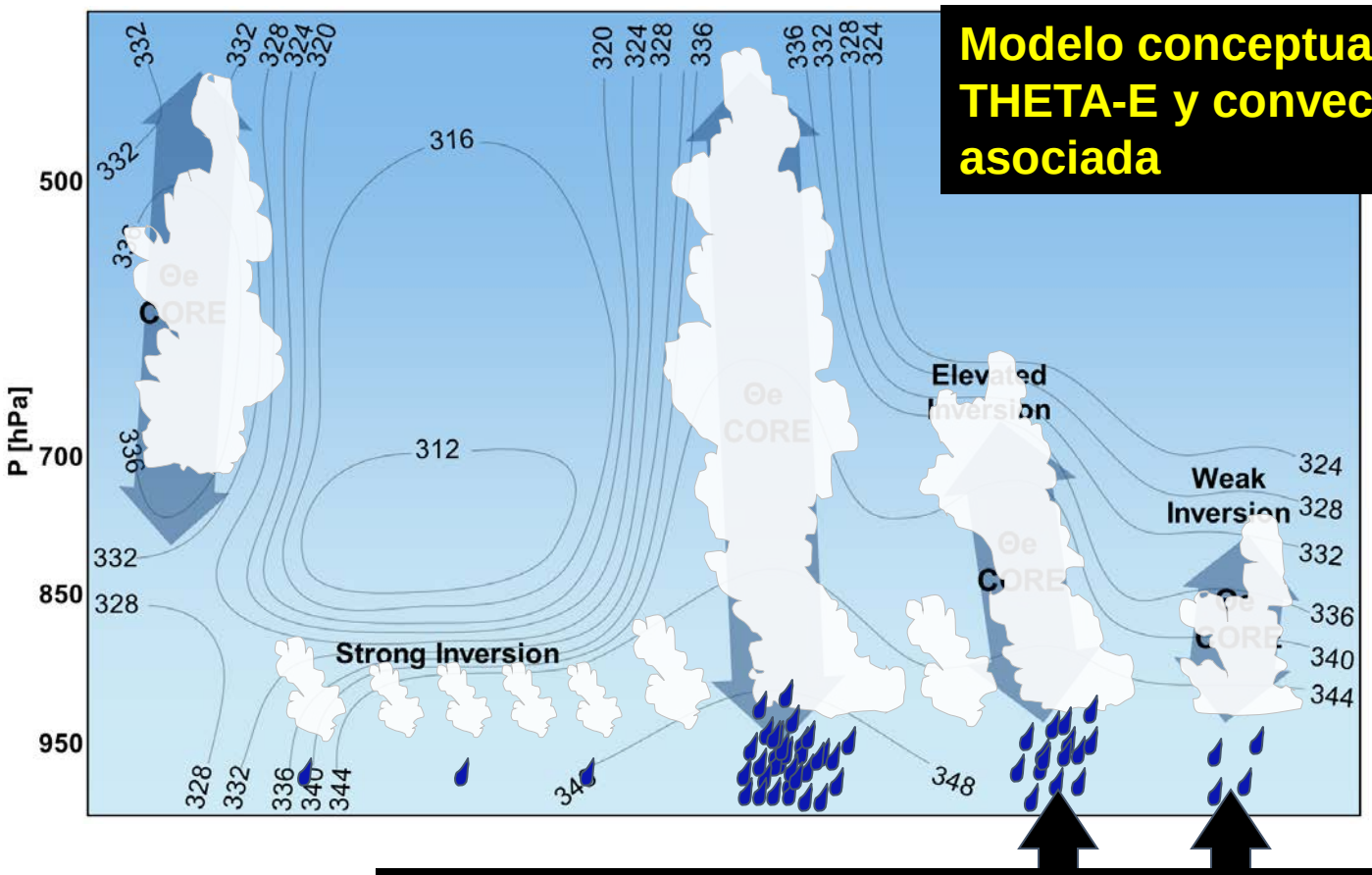
- La disminución de THTE se debe a una disminución muy brusca de la humedad.

- Esto domina el comportamiento de THTE.

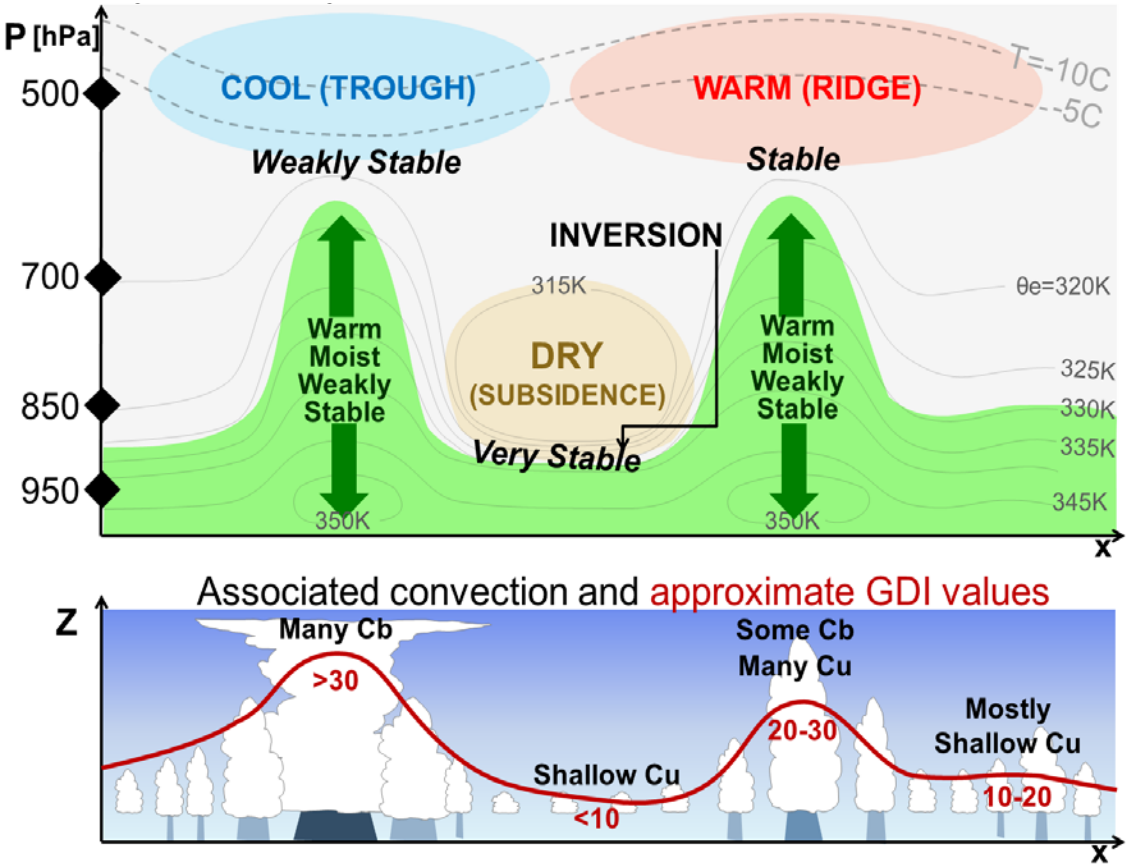
- La temperatura aumenta, haciendo esta capa convectivamente muy estable.

Conclusión: Disminuciones bruscas de THTE se asocian a inversiones de subsidencia caracterizadas por gran estabilidad.

Modelo conceptual de THETA-E para el Caribe



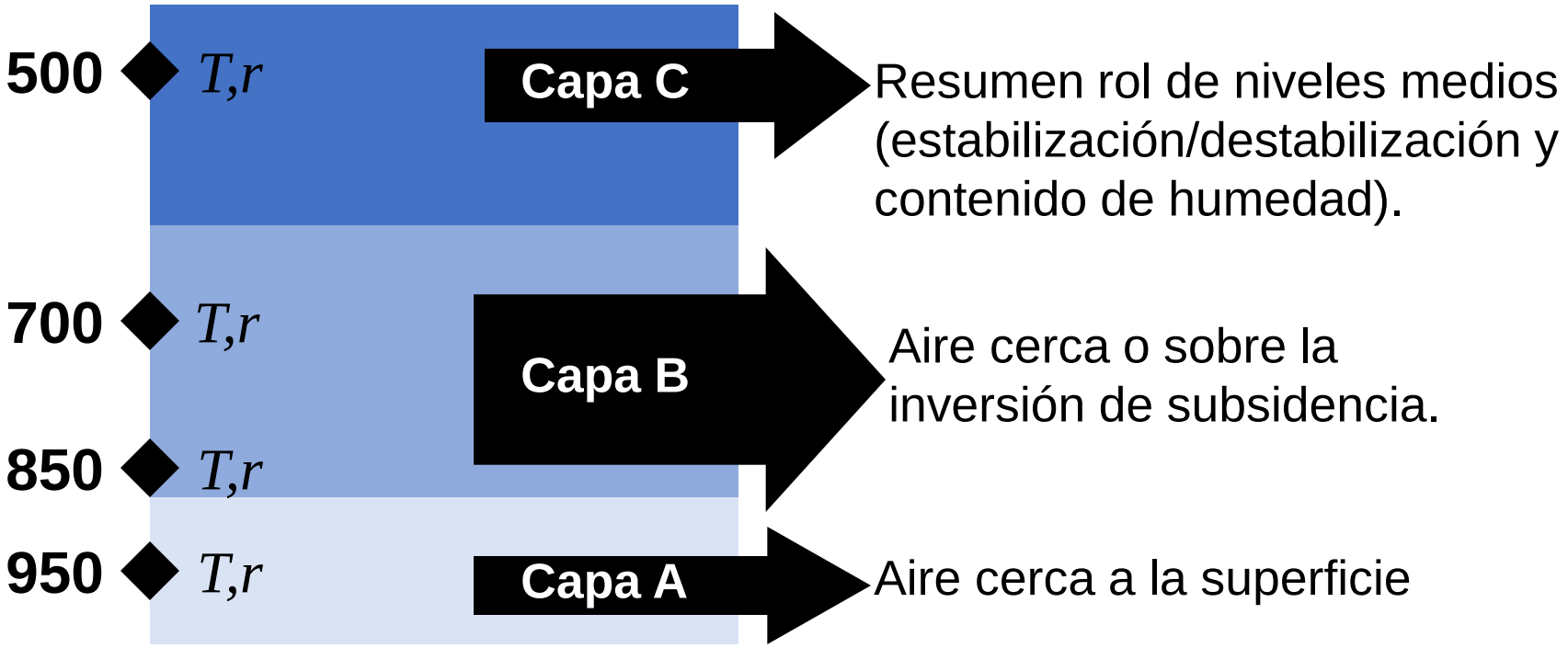
Procesos que modulan la convección tropical



PROCESO o sistema	(1) Disponibilidad de calor/humedad	(2) Temperatura en niveles medios	(3) Inversión de subsidencia
Reflejo en los datos	Columna de alto θe	500 hPa Temps	Temps entre 950-700 hPa Disminución de θe (Aire seco sobre inv.)

Qué datos consideramos?

- Temperaturas y razones de mezcla en cuatro niveles.
- 8 datos ←es todo lo que se necesita para calcular el GDI.



→Si se quieren correcciones visuales (que ayudan con efectos ficticios generados por la representacion numerica de la orografía) se necesita presion de superficie también.

Algoritmo

Indice Gálvez-Davison **(GDI)**

=

Indice de núcleo de θe **(ECI)**

Factor de Resaltamiento. Calor y humedad disponibles en la columna. Se incrementa no-linearmente si la columna calida/humeda tiene origen en la superficie.

+

Indice de calor a niv.medios **(MWI)**

Factor de inhibición. Estabilización por dorsales a nieveles medios.

+

Factor de Estabilidad **(S)**

Mayor estabilidad→menor la dif. de temperatura de 950 a 700 hPa.: inhibición

Factor de secamiento **(D)**

Cuanto más aire seco sobre la inversión mayor debilitamiento de los Cu que la penetren

Indice de la Inversión **(II)**

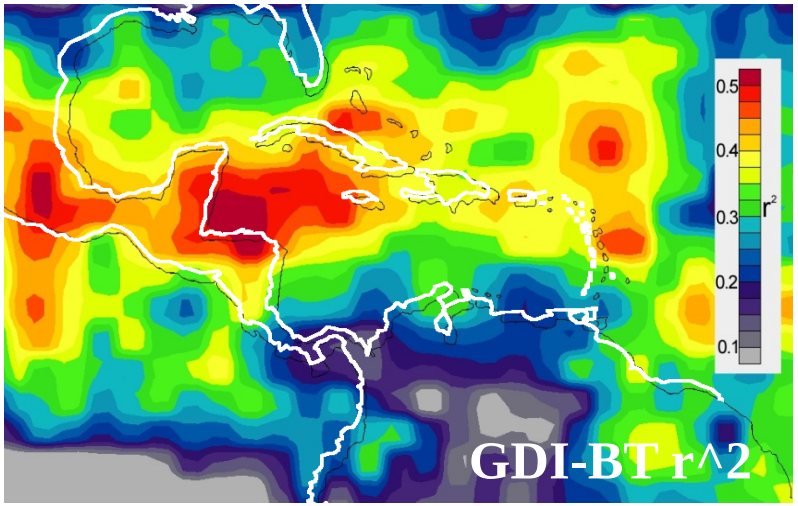
Factor de Inhibición. Efectos estabilizantes de la inversión e ingreso de aire seco a la convección que la penetra.

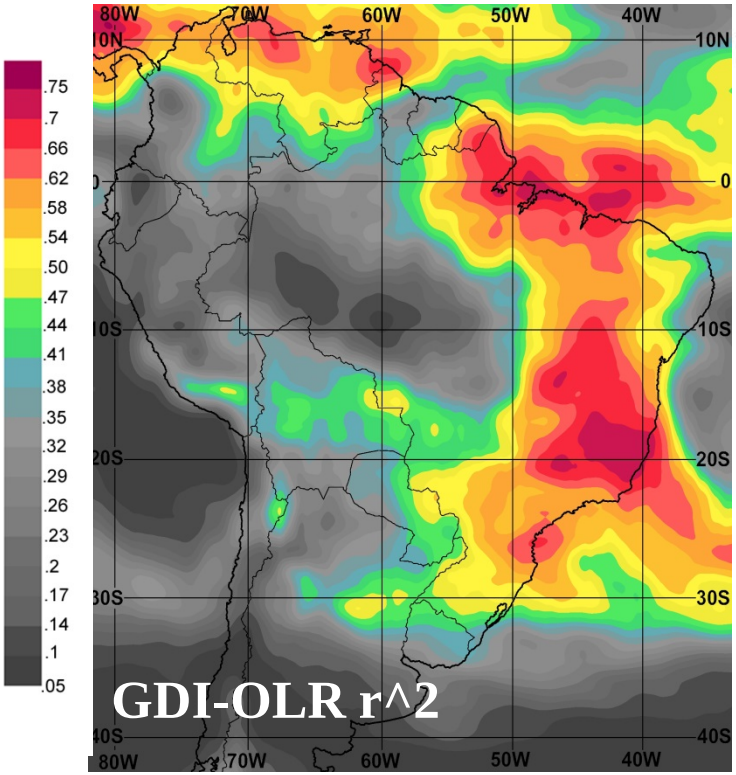
+

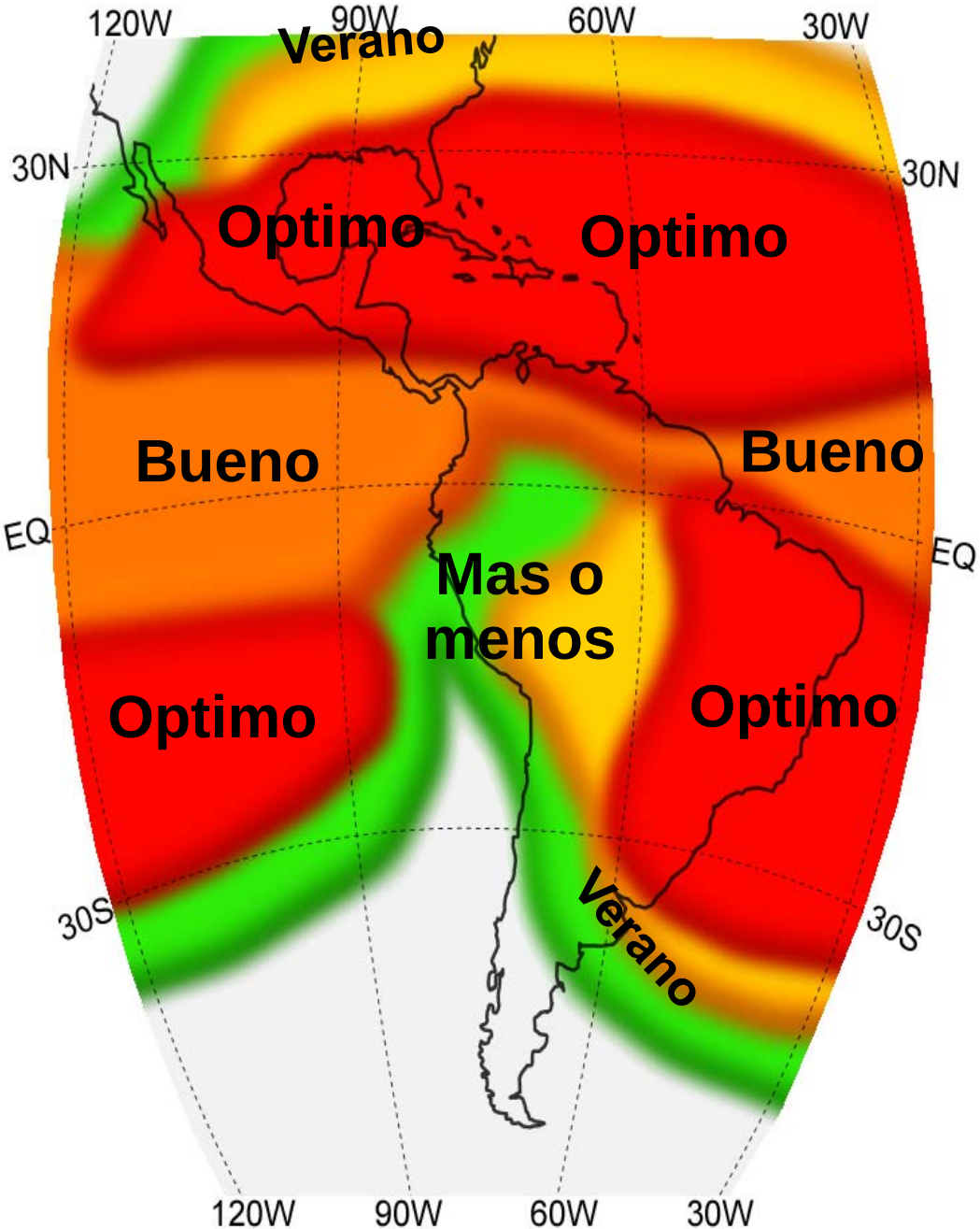
Correcciones opcionales **(OC)**

Mejora de visualización en grillas.

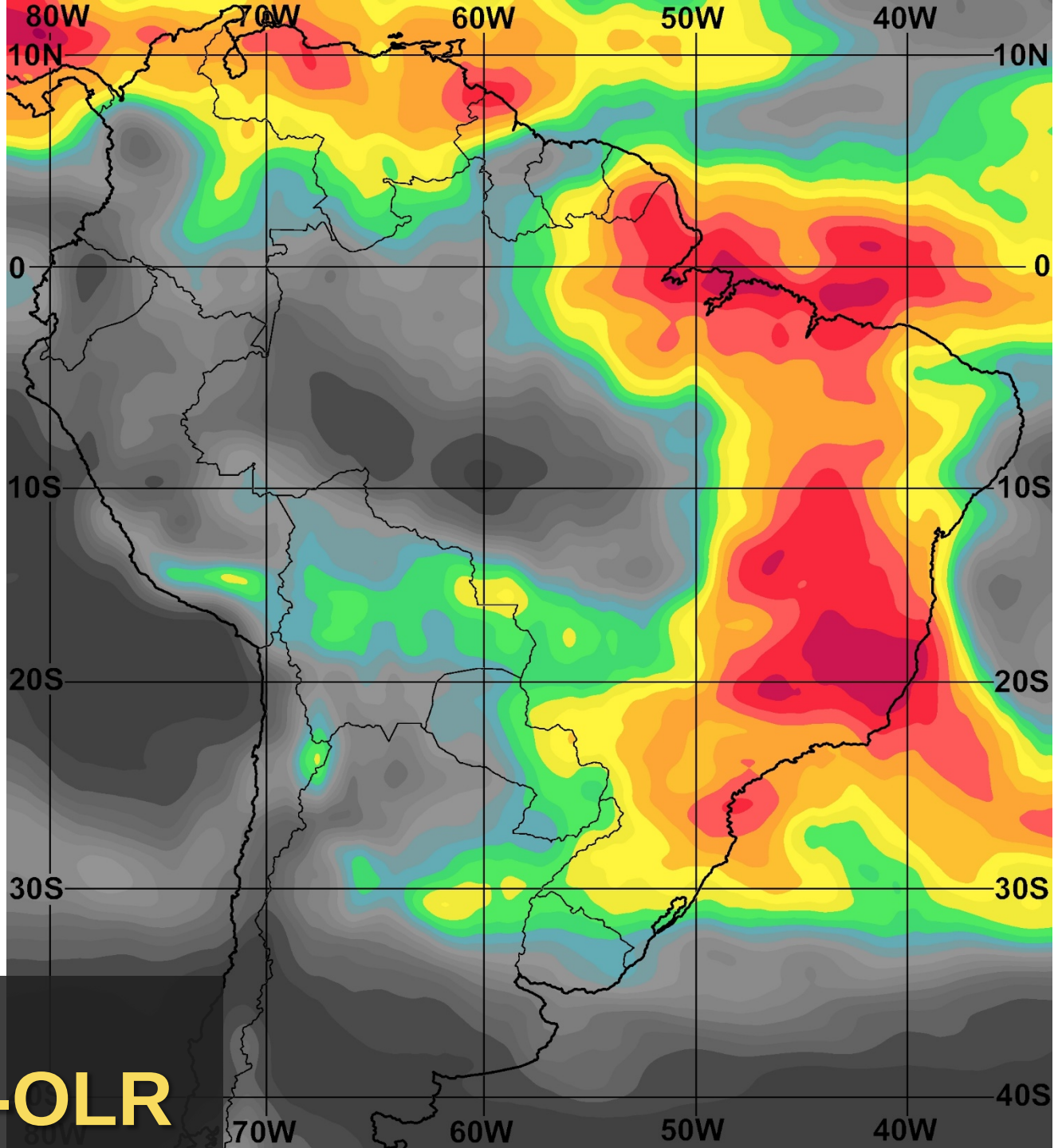
¿Encontramos esto?







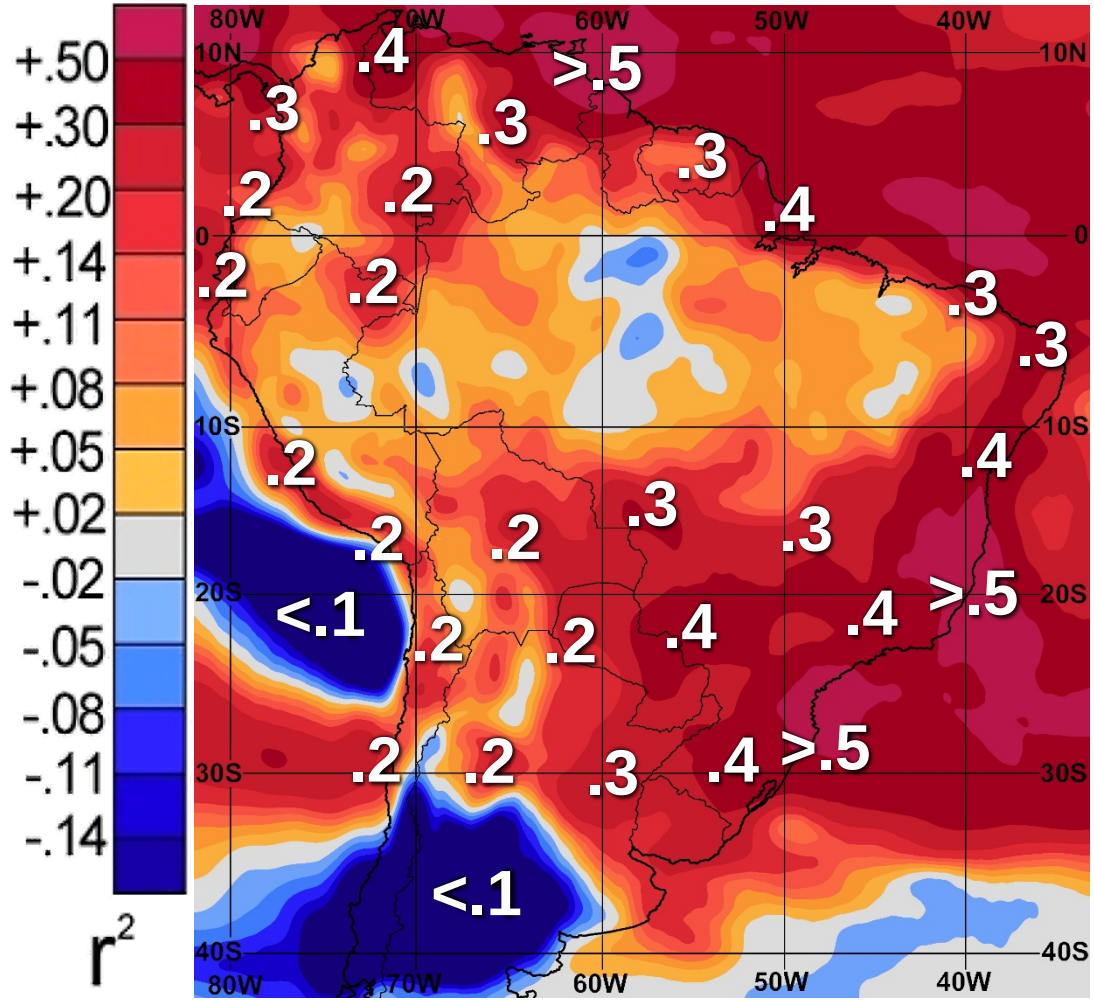
Resultados en Sudamérica


80W
70W
60W
50W
40W
10N
0
10S
20S
30S
40S
.75
.7
.66
.62
.58
.54
.50
.47
.44
.41
.38
.35
.32
.29
.26
.23
.2
.17
.14
.1
.05

r^2 GDI-OLR

¿Pero que tal nos fue con otros índices?

$$r^2_{GDI} - r^2_{LI}$$



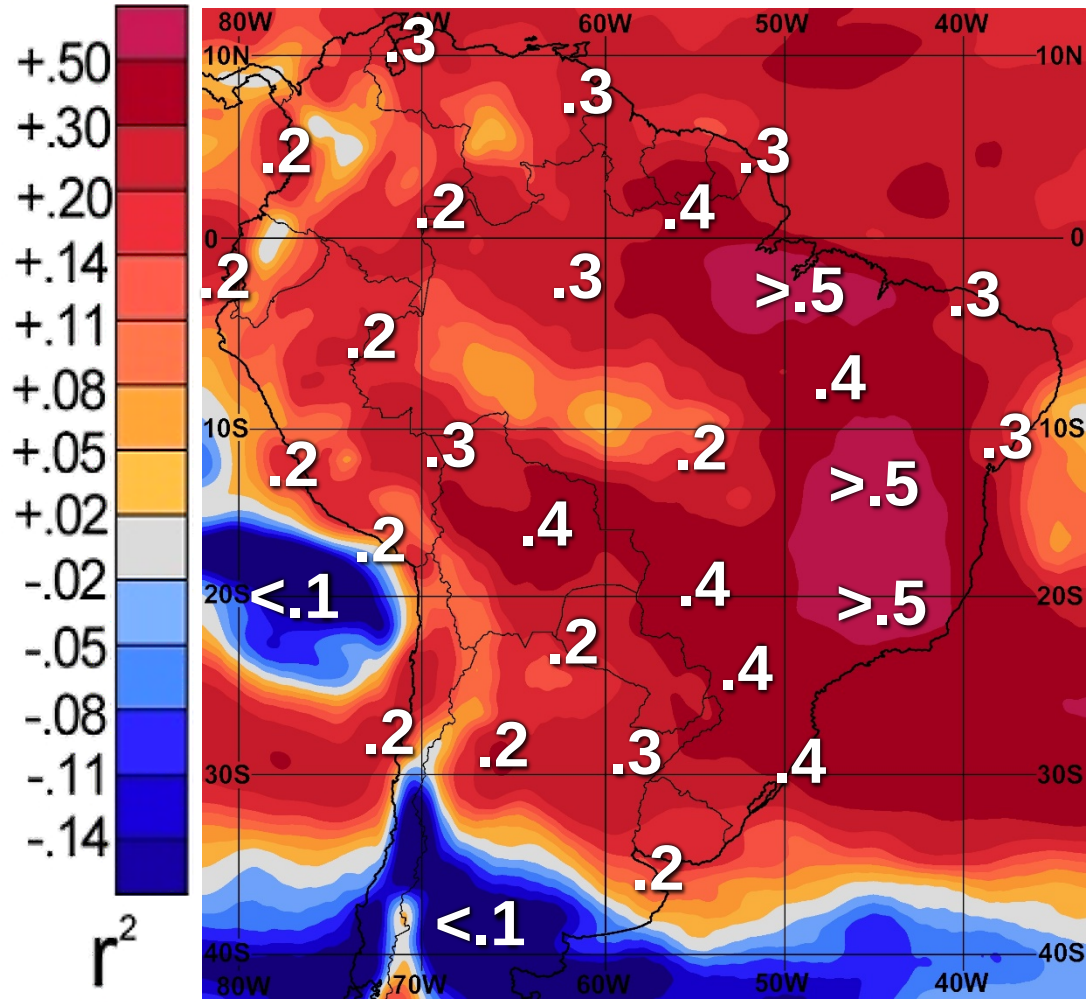
- **Rojo (positivo) significa que el GDI funciona major.**

→**resuelve la variancia de OLR en esa fracción más que el LI.**

En Chile el GDI funciona mejor que el Lifted al norte de La Serena/Los Vilos

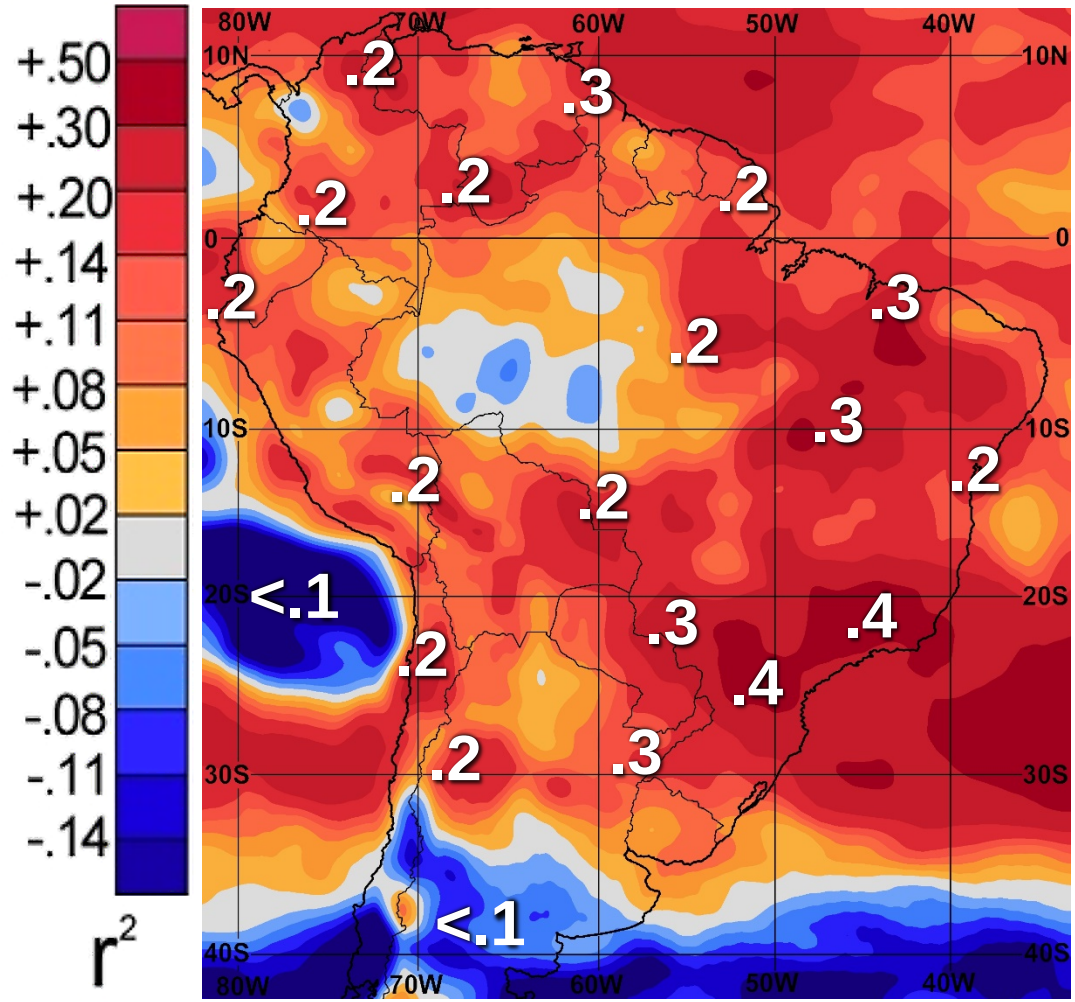
¿Pero qué tal nos fue con otros índices?

$r^2_{GDI} - r^2_{TOT}$



¿Pero qué tal nos fue con otros índices?

$$r^2_{GDI} - r^2_{K}$$



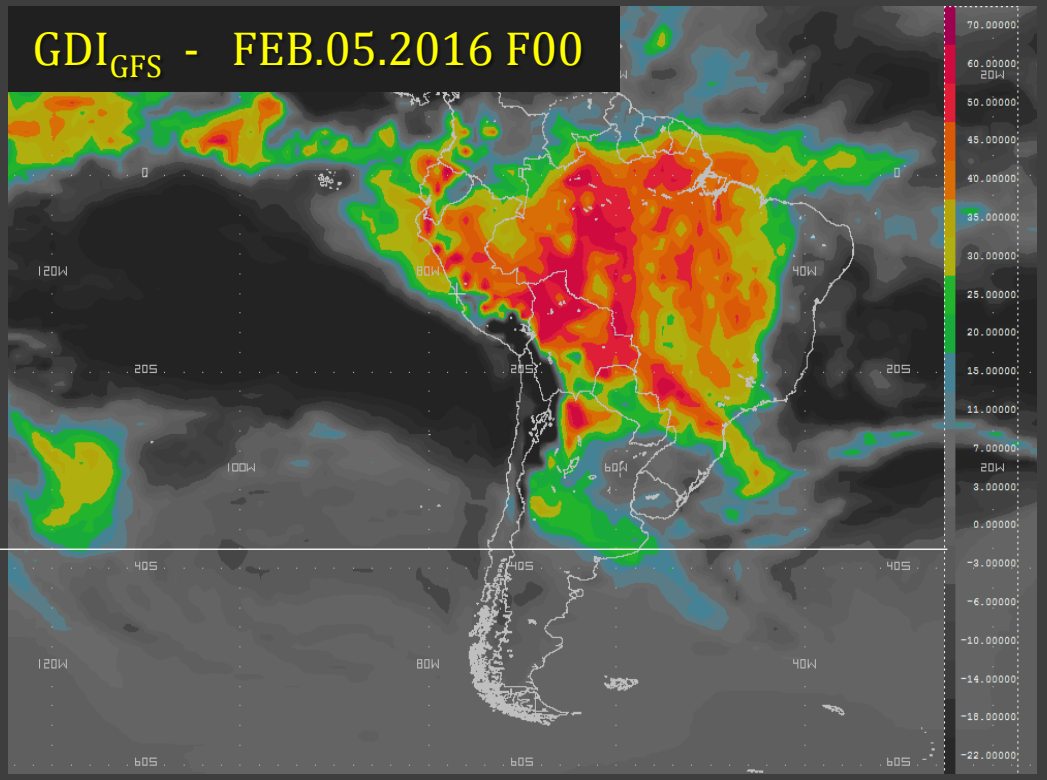
Uso del GDI en los Extratropicos

Uso del Índice Gálvez-Davison en Chile

- El Índice Gálvez-Davison fue creado para identificar el potencial de convección en regímenes de vientos Alisios (e. g. Cuenca del Caribe).

- Estos regímenes se caracterizan por contenidos de humedad y calor mucho mayores a los encontrados en la tropósfera Chilena.

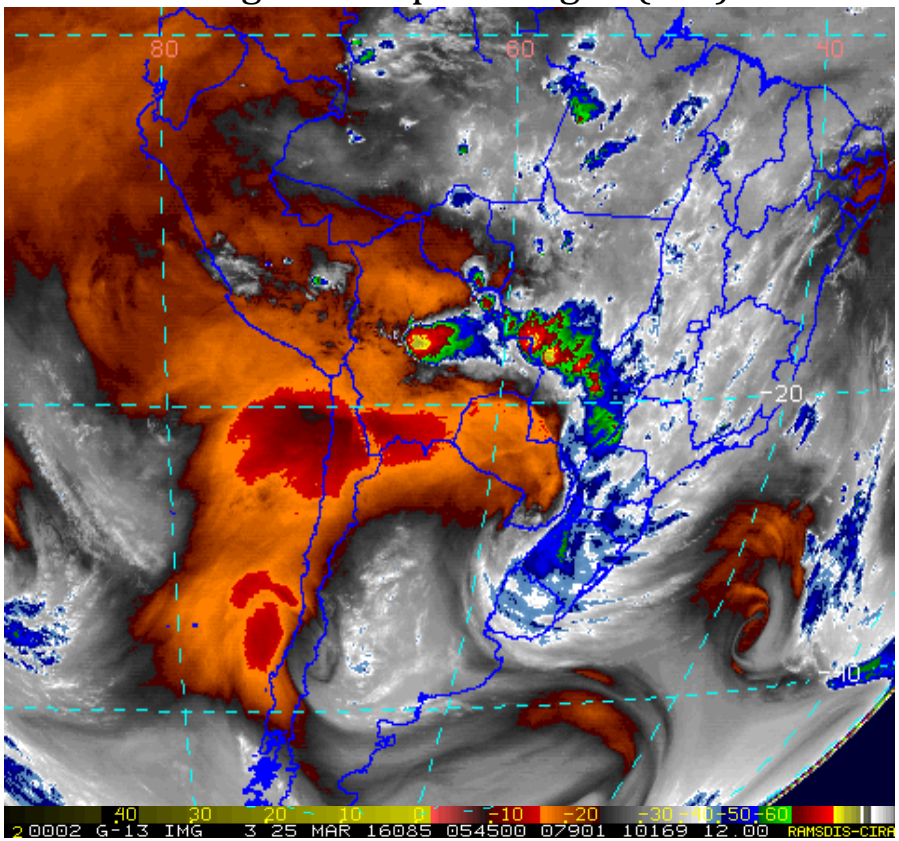
El GDI empieza a tener problemas al sur de los 35°S - 40°S debido al bajo contenido de calor y humedad.



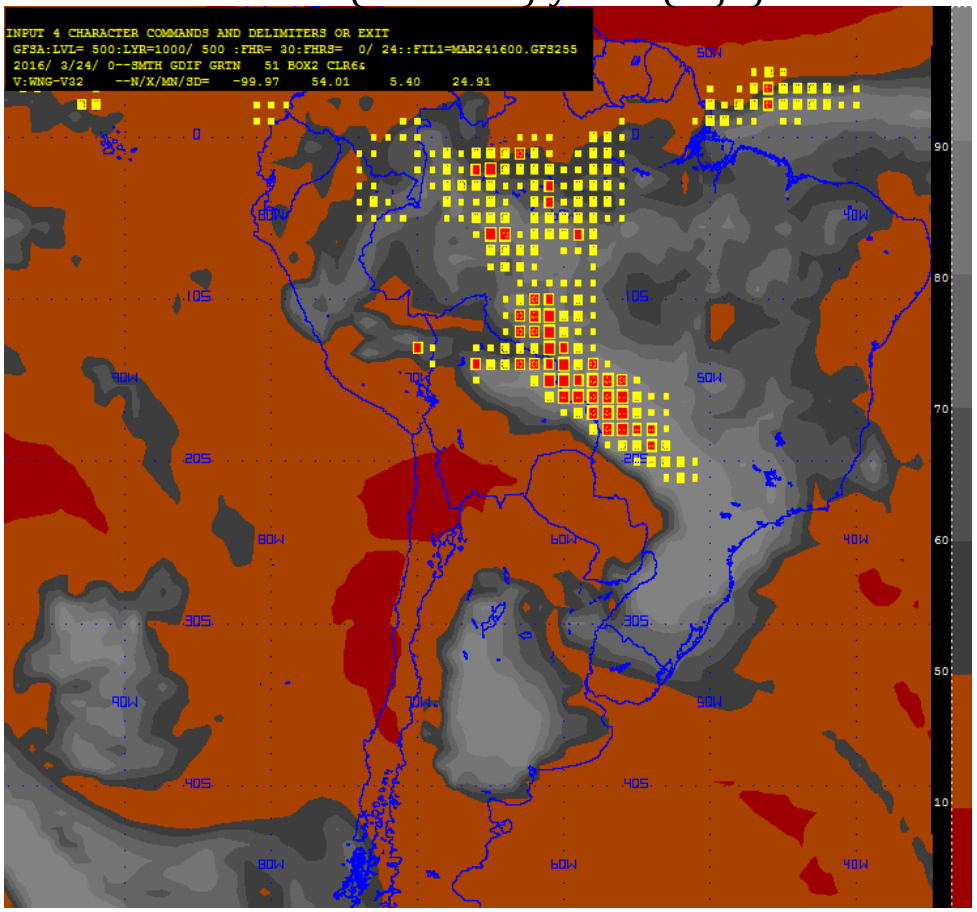
Ejemplo en Sudamérica

- El GDI funciona mejor en regiones tropicales y subtropicales.

Imagen de vapor de agua (IR3)



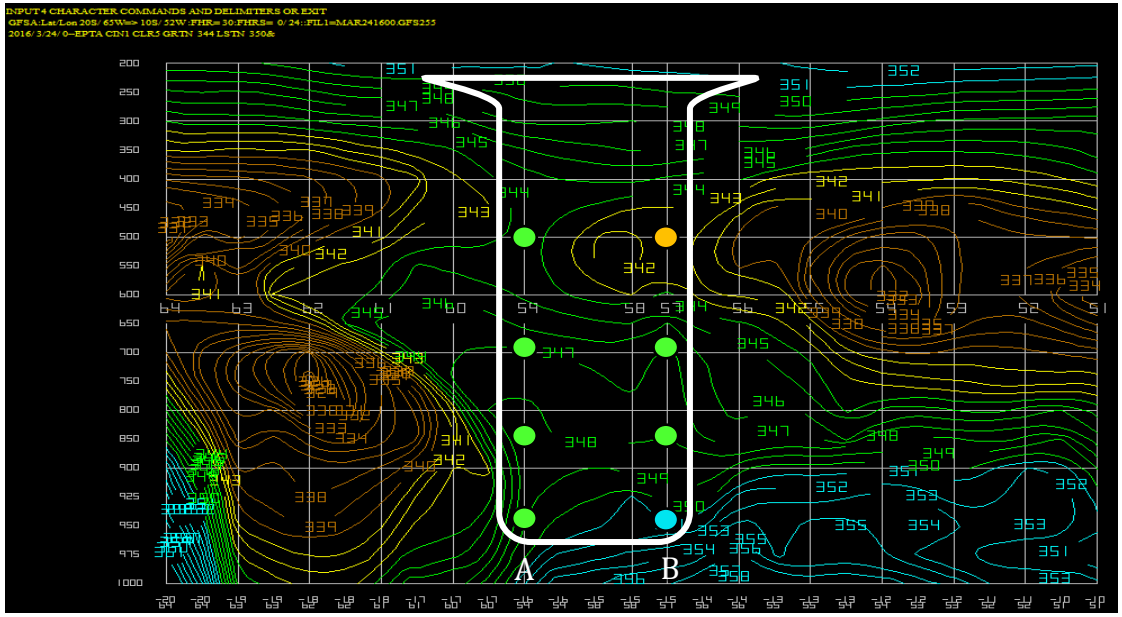
RELH promedio 500-300hPa (colores)
GDI>45 (Amarillo) y >51 (rojo)



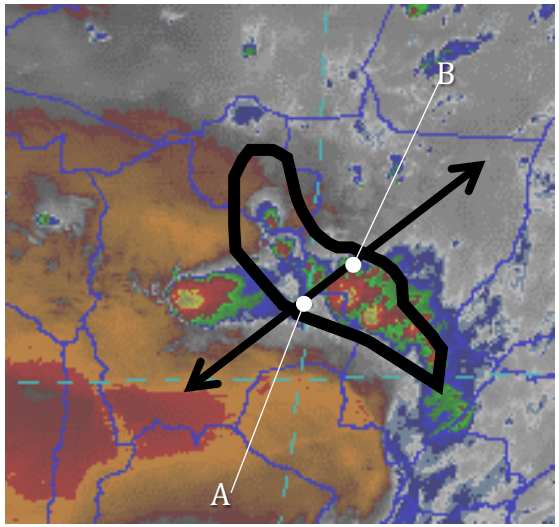
GDI>50: Potencial de Convección Intensa

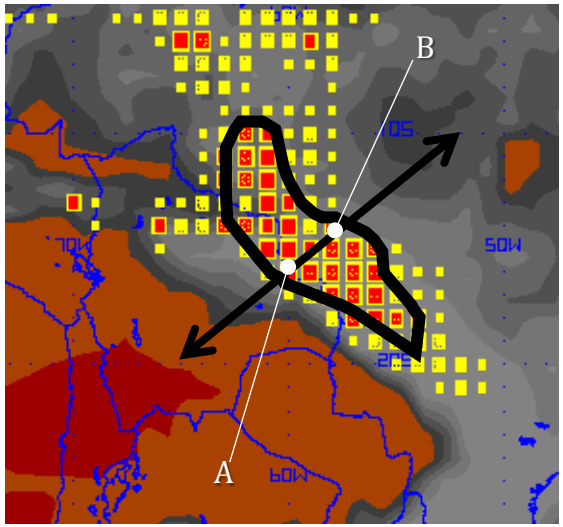
Vista en satélite canal IR4 y en una sección de TPE

GFS
Sección de
Temperatura
Potencial
Equivalente



IR3
Satélite





GFS
GDI>50
en cajas rojas

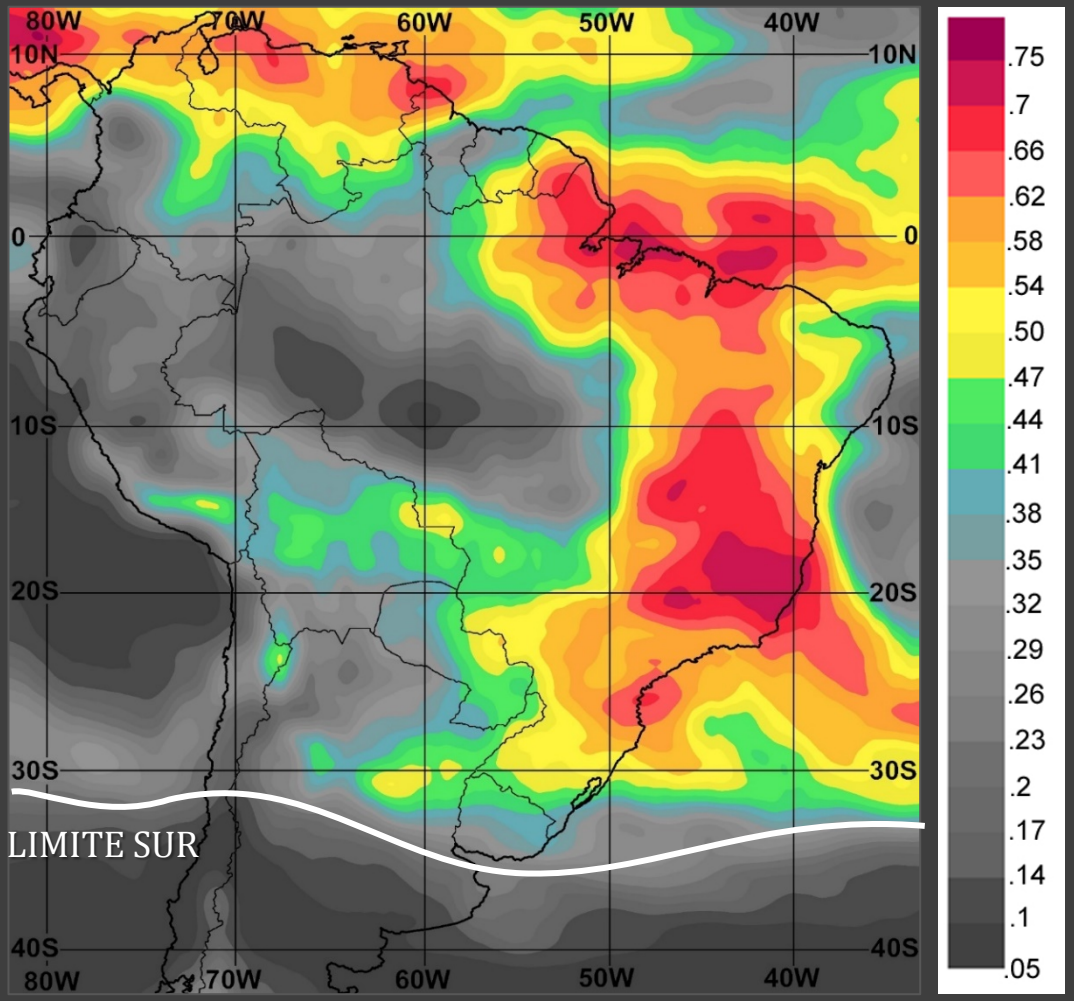
Habilidad (skill) del GDI en Sudamérica

- Una simple comparación del GDI versus OLR durante el periodo Octubre-Febrero 2013-4 sugiere que el límite sur de habilidad/skill del GDI estuvo entre 31°S y 35°S.

- Pero fue un periodo sin eventos significativos en Chile.

- Análisis durante eventos de precipitación muestran que el GDI sí funciona en el centro y norte de Chile.

r^2 GDI – OLR

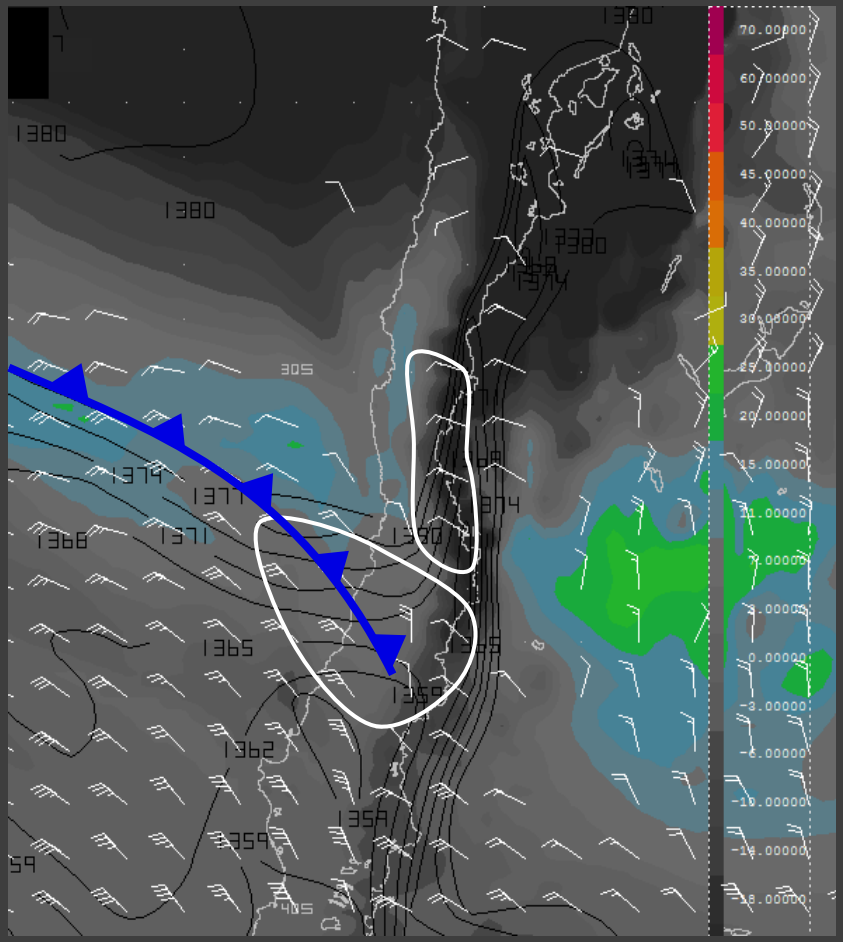


*OLR: Radiación emitida en onda larga, relacionada a nubes frías (generalmente asociadas a precipitación).

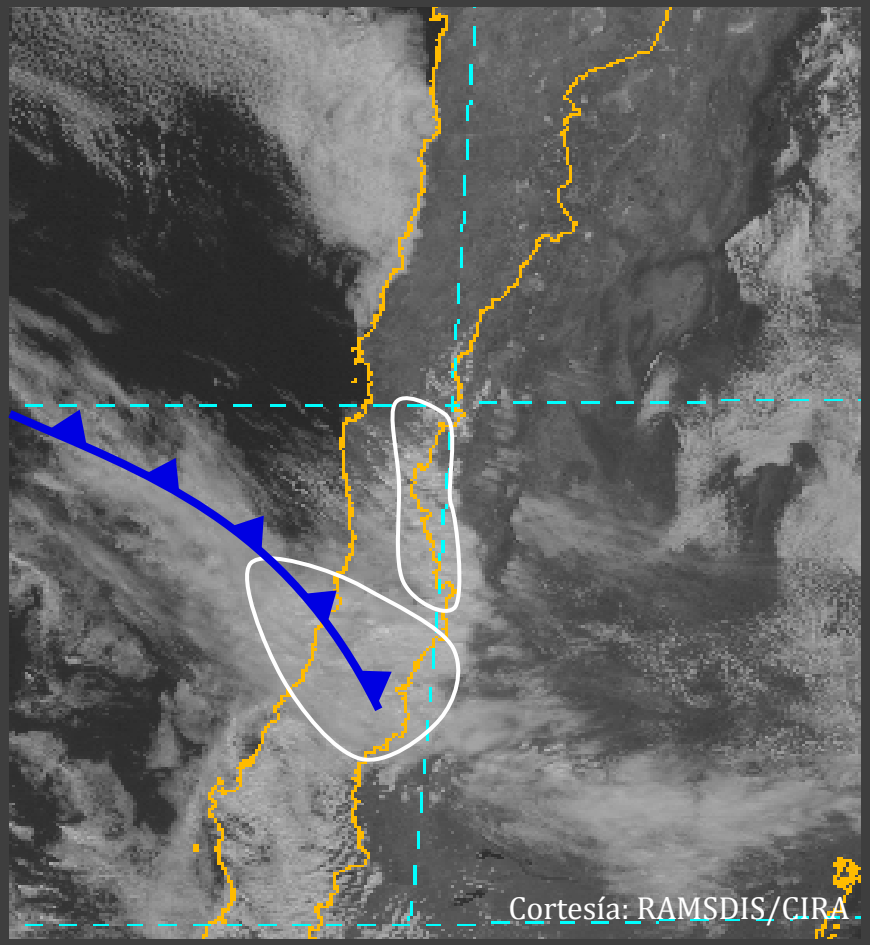
Ejemplo: 14 de abril de 2016, 16-19Z

- El máximo de convección generadora de montos significativos de precipitación suele ocurrir flujo abajo y al sur del máximo del GDI.

GDI, Espesor 1000-850 (m)
y viento 850 hPa (kt)

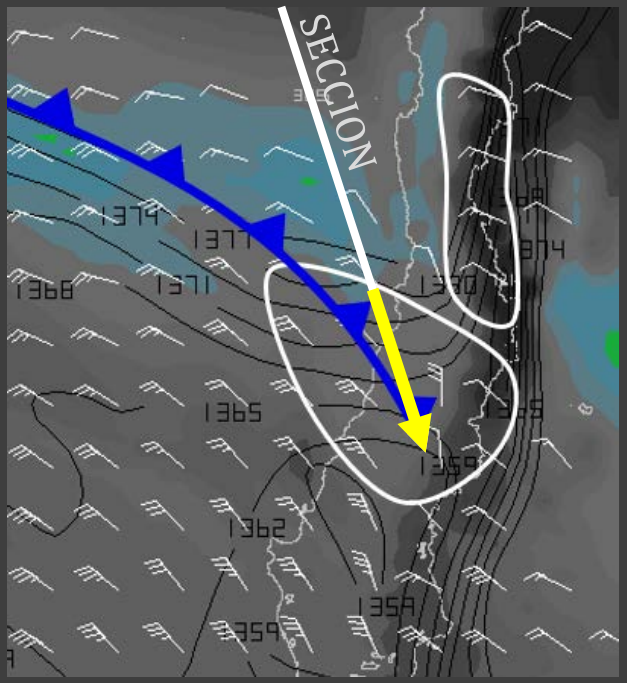


Animación de Imágenes Visibles

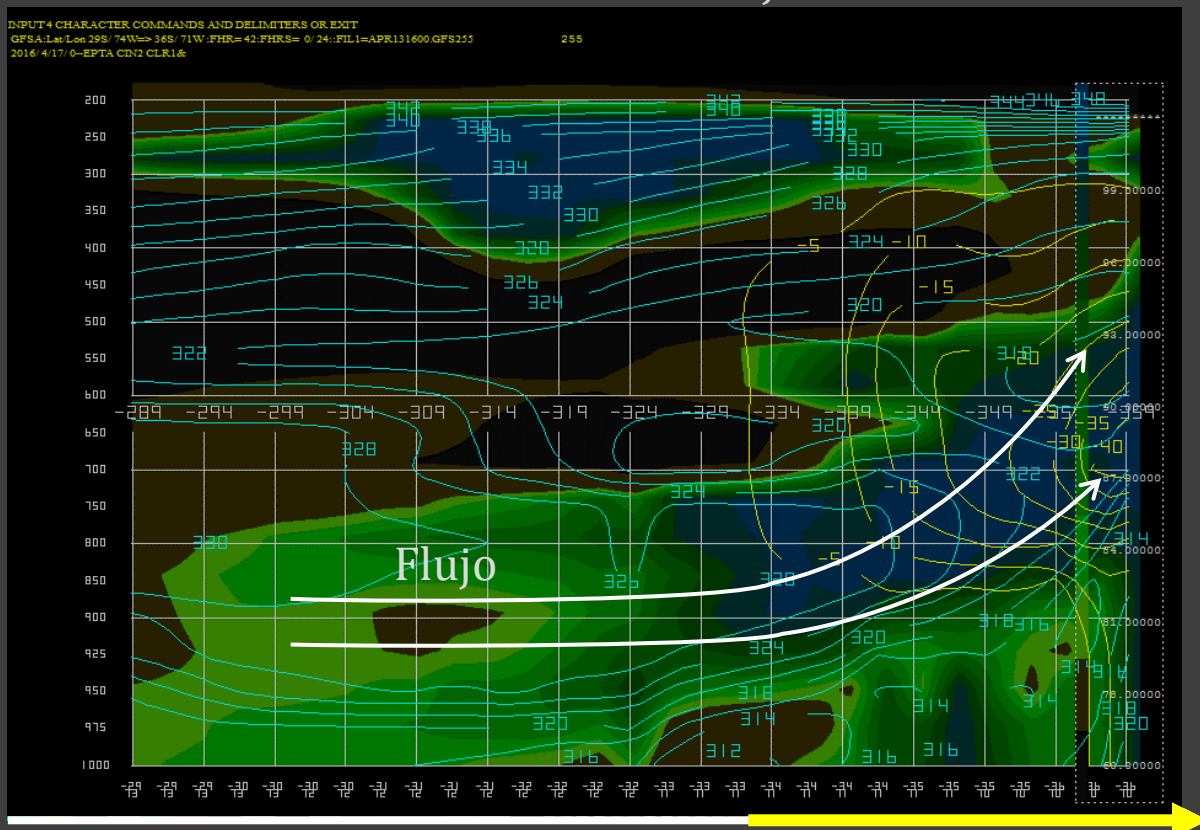


Ascenso Isentrópico:

- La masa fría de nivel bajo en el Centro de Chile se comporta como una burbuja densa.
- Vientos del NNW son forzados a ascender al llegar a la burbuja



SECCION A LO LARGO DEL FLUJO DEL NNW

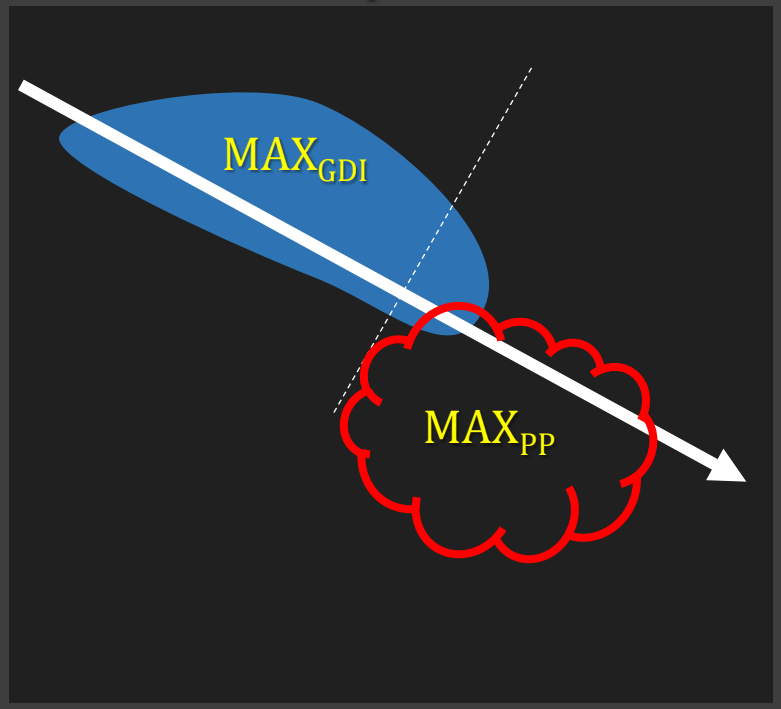


Humedad Relativa (%), TPE (K) y Omegas (cm/s)

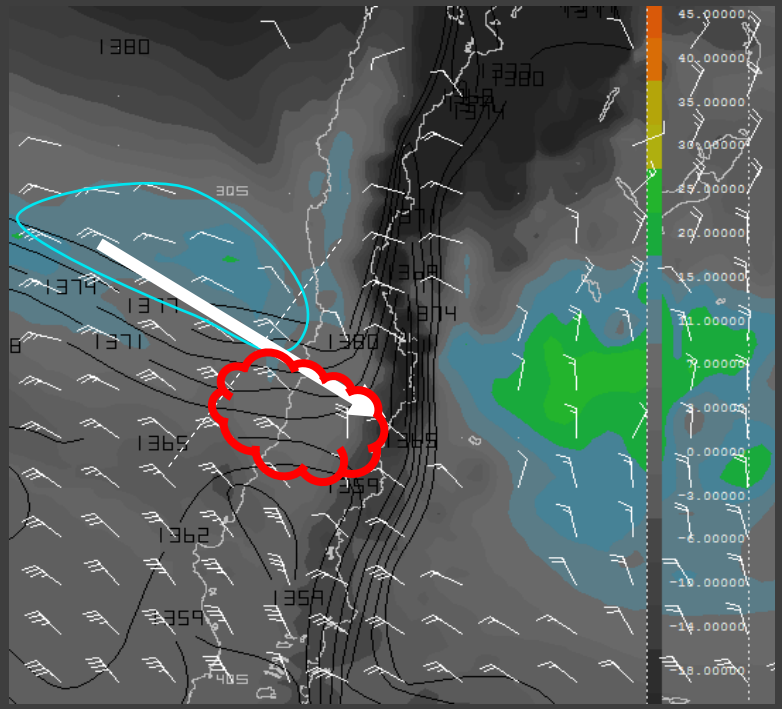
Interpretación del GDI para pronóstico de precipitaciones en el Centro de Chile

Máximo de precipitación en función al máximo del GDI

Esquema



GFS 2016041300Z F42



- Las precipitaciones más intensas suelen ocurrir flujo abajo del máximo del GDI y hacia el sur, donde la dinámica suele ser más favorable.

Análisis general de la aplicabilidad del GDI

¿Cuándo aporta información?

Componentes del GDI e importancia del ECI

- El GDI es una suma algebraica de 3 subíndices:

GDI=

ECI
Índice de Núcleo de TPE
EPT Core Index

Positivo
Resume el contenido de calor y humedad de la columna

+

MWI
Indice de calentamiento en nivel medio
Mid-level Warming Index

Negativo
Más negativo mientras mayor sea la T_{500} con respecto a -10°C

+

II
Indice de la Inversión
Inversion Index

Negativo
Más negativo mientras mayor el secamiento entre A y B, y mientras más estable la capa 950-700hPa

+ Cor

ECI: Único subíndice que produce valores positivos.

Suele ser bajo en Chile por el contenido de calor y humedad limitado. Considera temperaturas y razones de mezcla de 500 y 950 hPa para calcular proxys de TPE.

T_{500}, r_{500} → EPTC Proxy de TPE en tropósfera media (Capa C)

T_{950}, r_{950} → EPTA Proxy de TPE en tropósfera baja (Capa A)

Componentes del GDI e importancia del ECI

- El GDI es una suma algebraica de 3 subíndices:

GDI=

ECI
Índice de Núcleo de TPE
EPT Core Index

Positivo
Resume el contenido de calor y humedad de la columna

+

MWI
Indice de calentamiento en nivel medio
Mid-level Warming Index

Negativo
Más negativo mientras mayor sea la T_{500} con respecto a -10°C

+

II
Indice de la Inversión
Inversion Index

Negativo
Más negativo mientras mayor el secamiento entre A y B, y mientras más estable la capa 950-700hPa

+ Cor

- Para que el GDI provea información sobre el contenido de humedad y calor de la tropósfera media-baja el ECI debe ser >0.
- Esto ocurre si EPT_C >313°K y EPT_A >303°K simultáneamente.

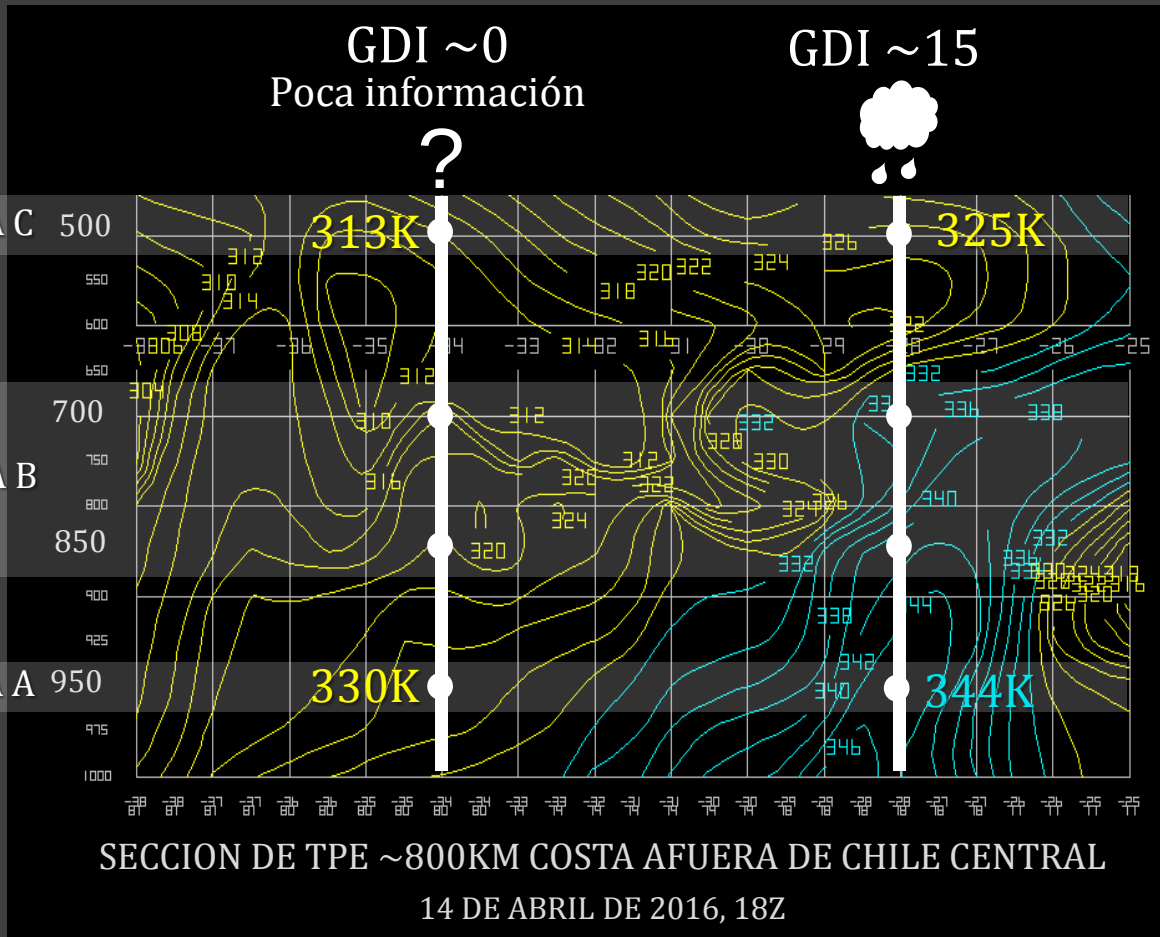
Ejemplo: Aplicabilidad del GDI

- Funciona mejor cuando la TPE > 325K ó 330K.
- Necesita como mínimo TPE >313K en la tropósfera media (500 hPa) y TPE>303K en la baja (950 hPa).

Cálculo:

- Se basa en la distribución vertical de TPE en 4 niveles.
- Requiere valores simultáneos de:

  $TPE_{500\ (capa\ A)}$ >313K y
  $TPE_{950\ (capa\ C)}$ >303K



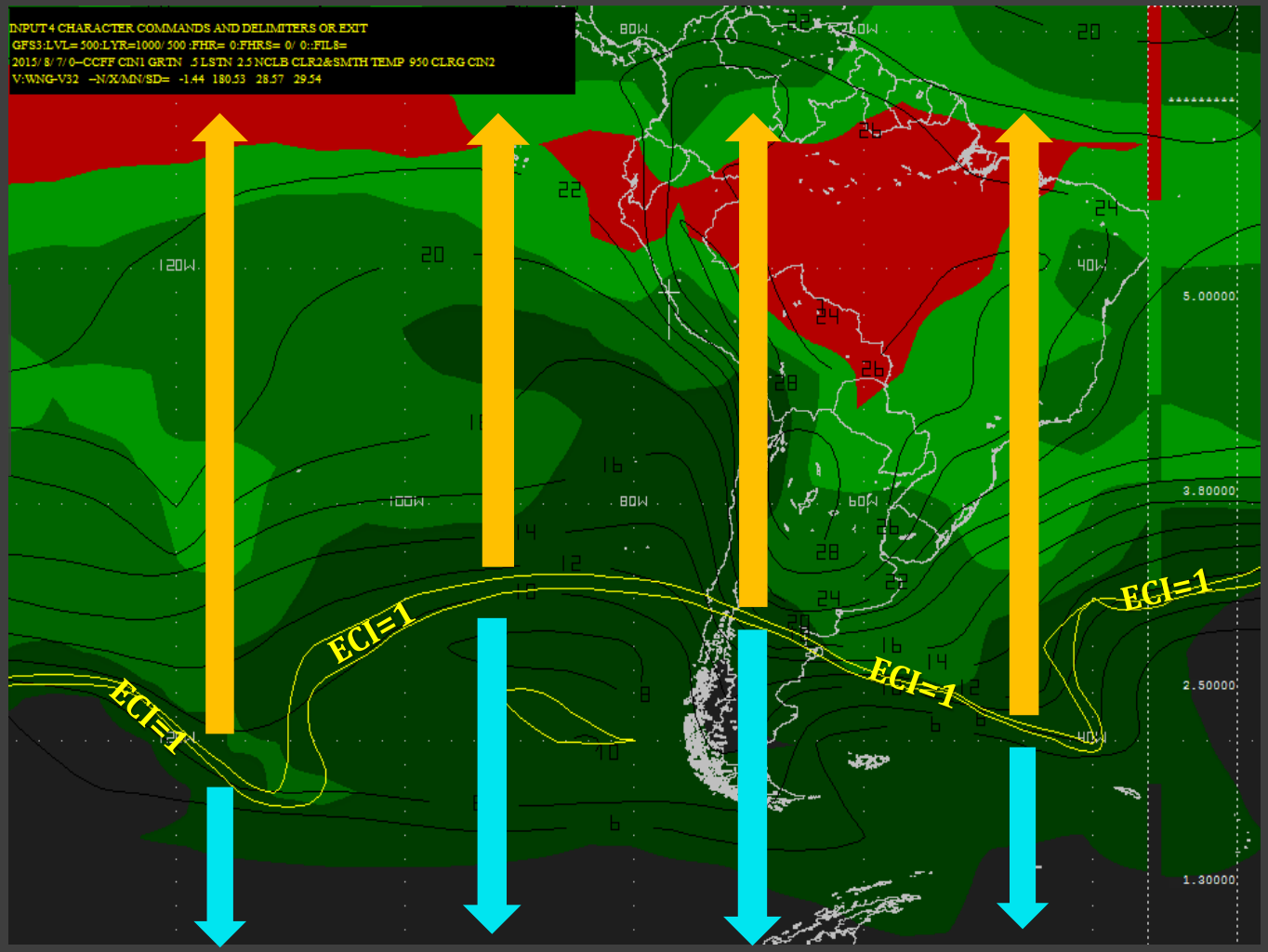
Aplicabilidad del GDI

Ejemplo: ECI, Agua precipitable y T_{950}

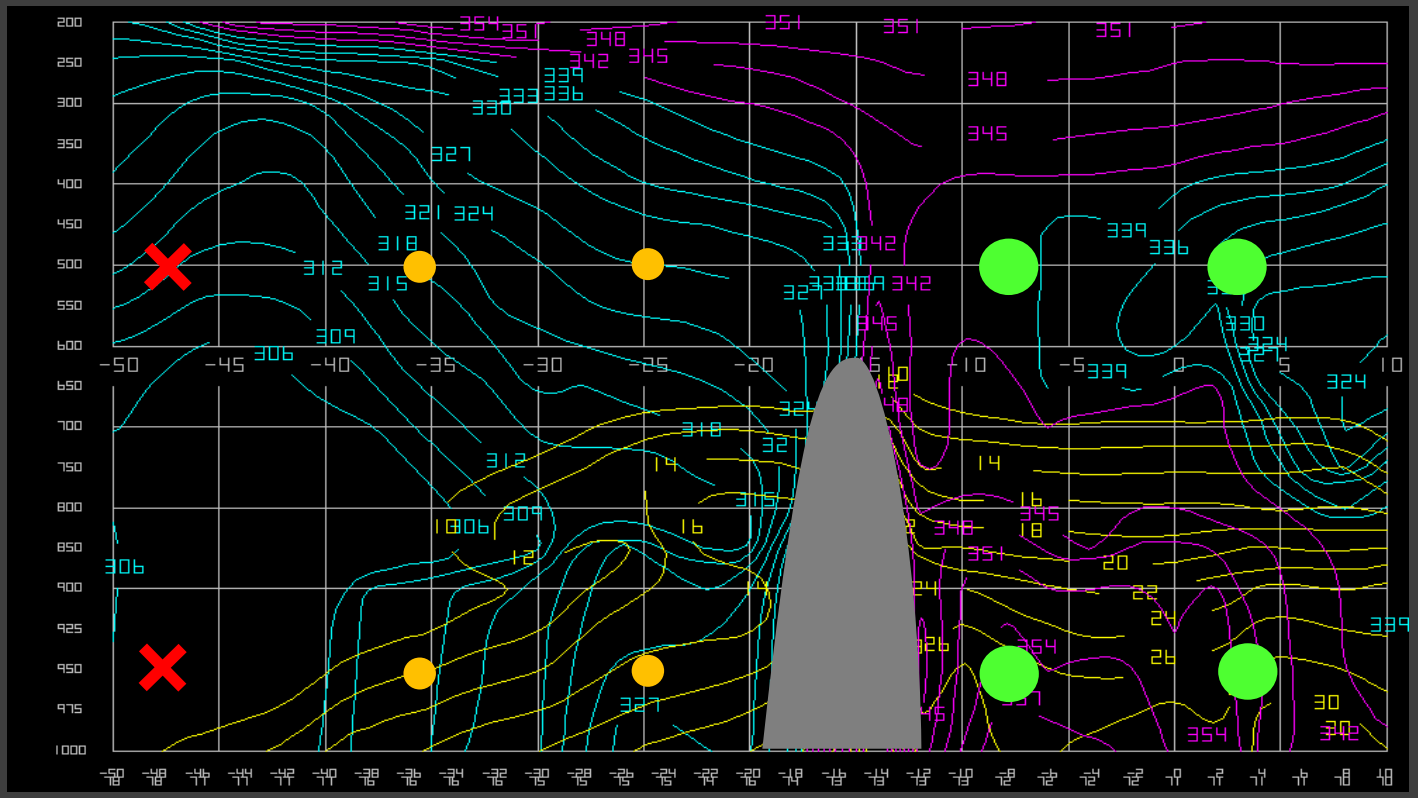
ECI > 0, atmósfera contiene suficiente calor y humedad para que el GDI otorgue información útil

ECI = 0, atmósfera muy fría y seca. El GDI no da información útil

T950 < ~8-11°C y
PWAT < ~15-20mm



...sección de TPE correspondiente



S

CHILE AUSTRAL

CHILE CENTRAL

CHILE NORTE

ANDES PERU

AMAZONIA PERU

AMAZONIA COLOMBIA

N

TPE muy baja al sur de Chile para que el GDI aporte
<313K at 500hPa
<303K at 950hPa

TPE algo baja al centro y norte, pero el GDI si da información útil. Captura la intensidad de la inversion y conexiones de humedad subtropical.

Valores de TPE son ideales para el GDI en el trópico y subtrópico (>330K).

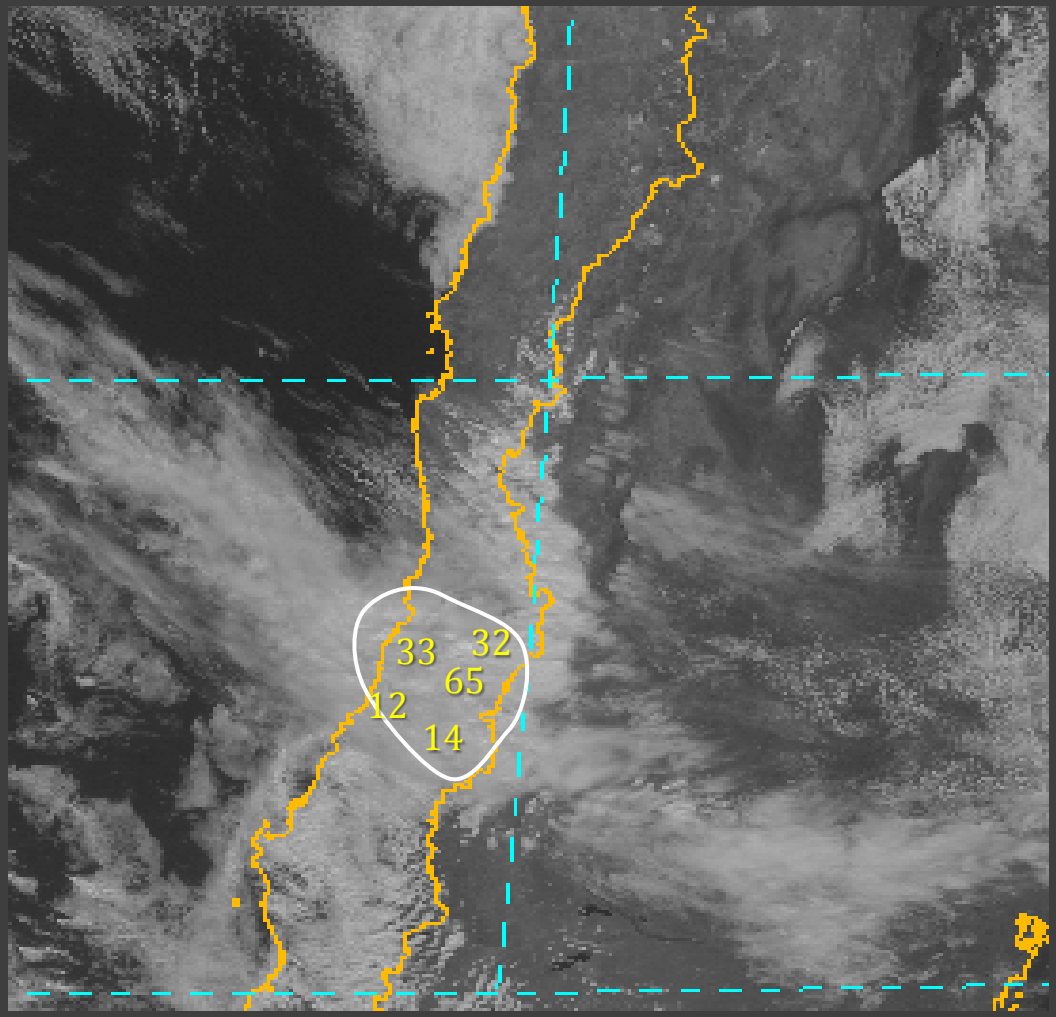
Precipitaciones en el Centro de Chile

13-18 de abril de 2016

Lluvias del Jueves 14 de abril, 16-19Z

Animación de Imágenes Visibles

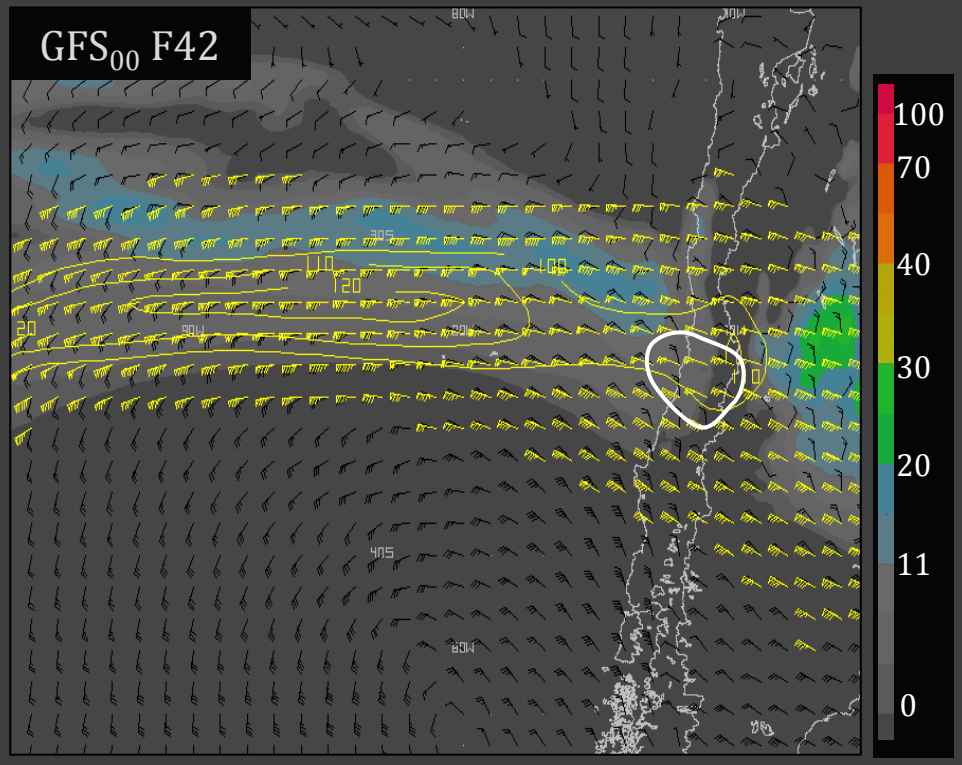
Reportes selectos de PP_{24hrs} en mm



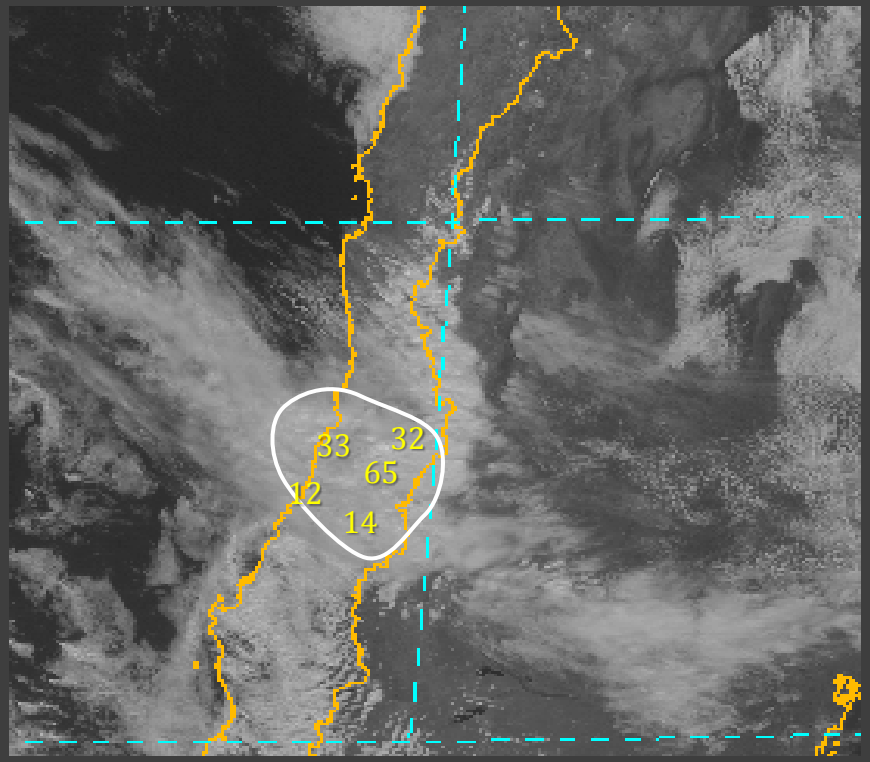
Lluvias del Jueves 14 de abril, 16-19Z

- Conexión de humedad subtropical, frente, forzamiento mecánico, vaguada y jet de altura.
- Mayores PP flujo abajo del máximo del GDI y bajo el forzamiento mecánico del jet de altura

GDI, Viento 850-925 [kt], viento 250 hPa [kt]

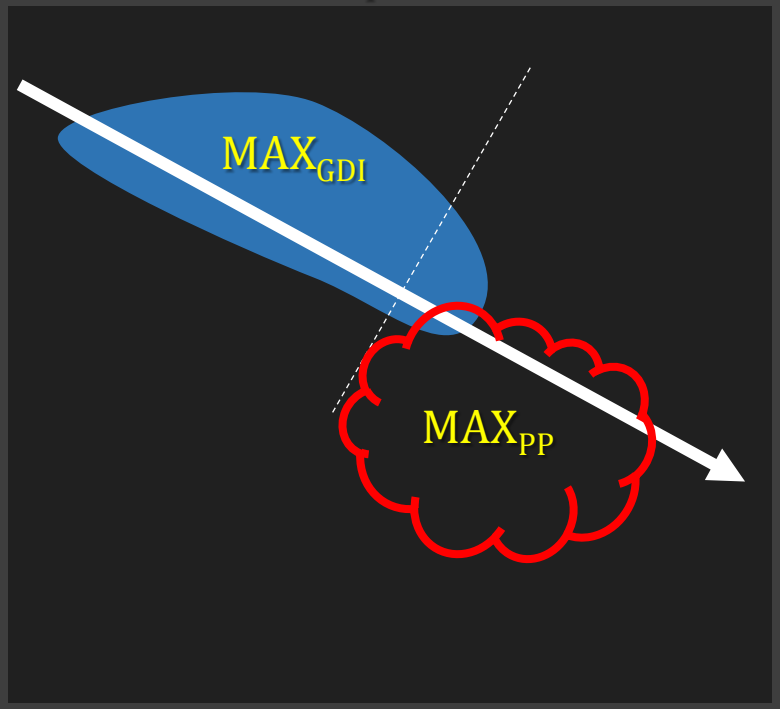


Animación de Imágenes Visibles

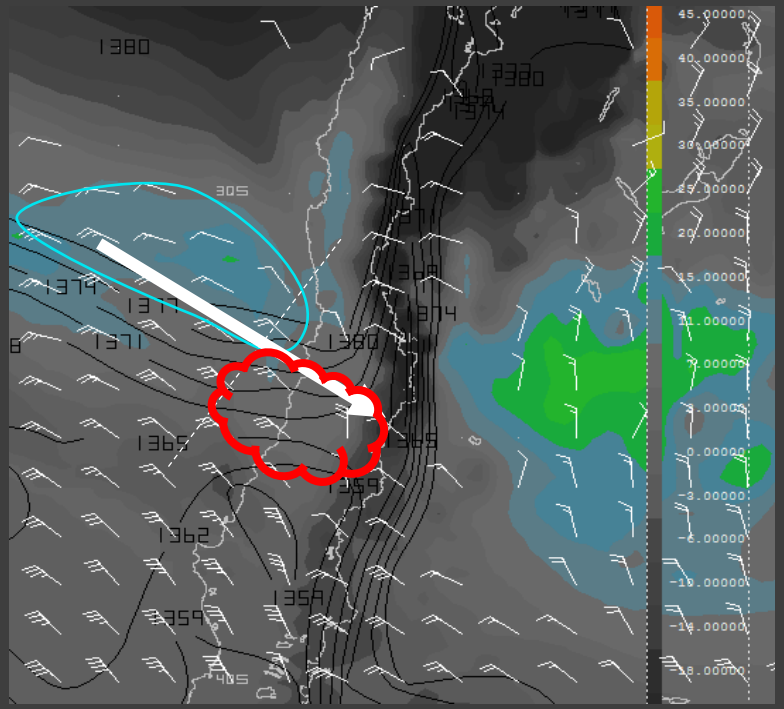


Recordemos: Máximo flujo abajo y al sur del GDI

Esquema



GFS 2016041300Z F42

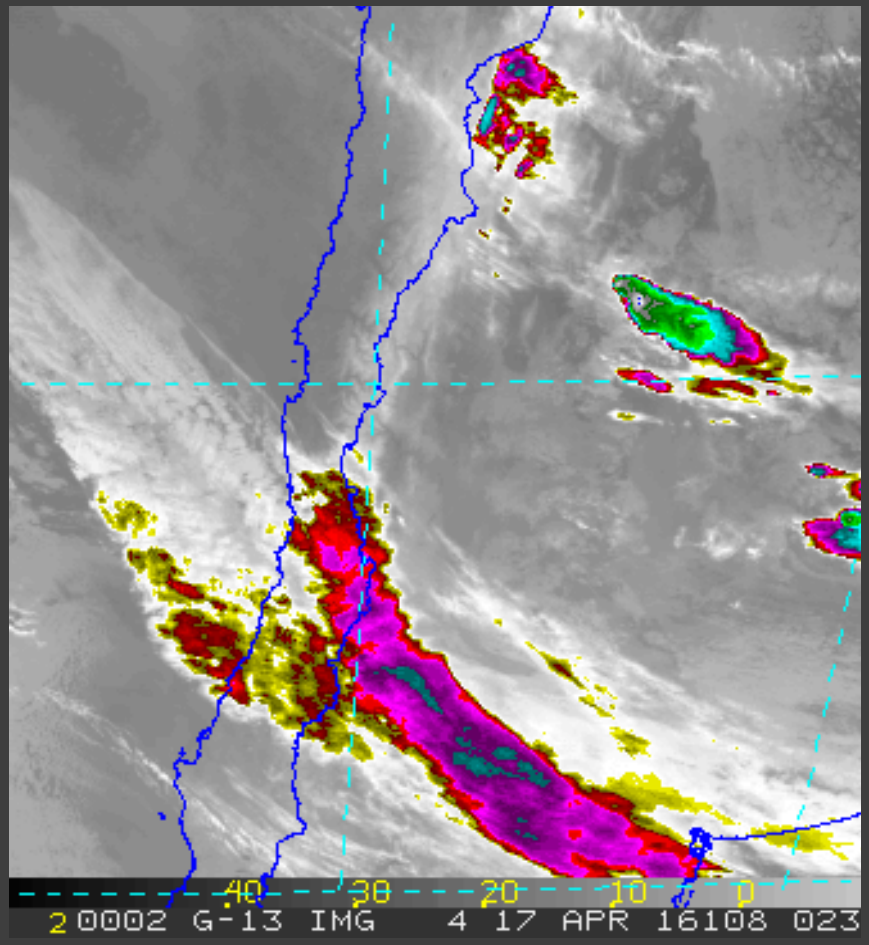


- Las precipitaciones más intensas suelen ocurrir flujo abajo del máximo del GDI y hacia el sur, donde la dinámica suele ser más favorable:

  → Ascenso isentrópico sobre burbuja fría y densa en nivel bajo
  → Forzamiento mecánico por interacción entre el jet y la cordillera

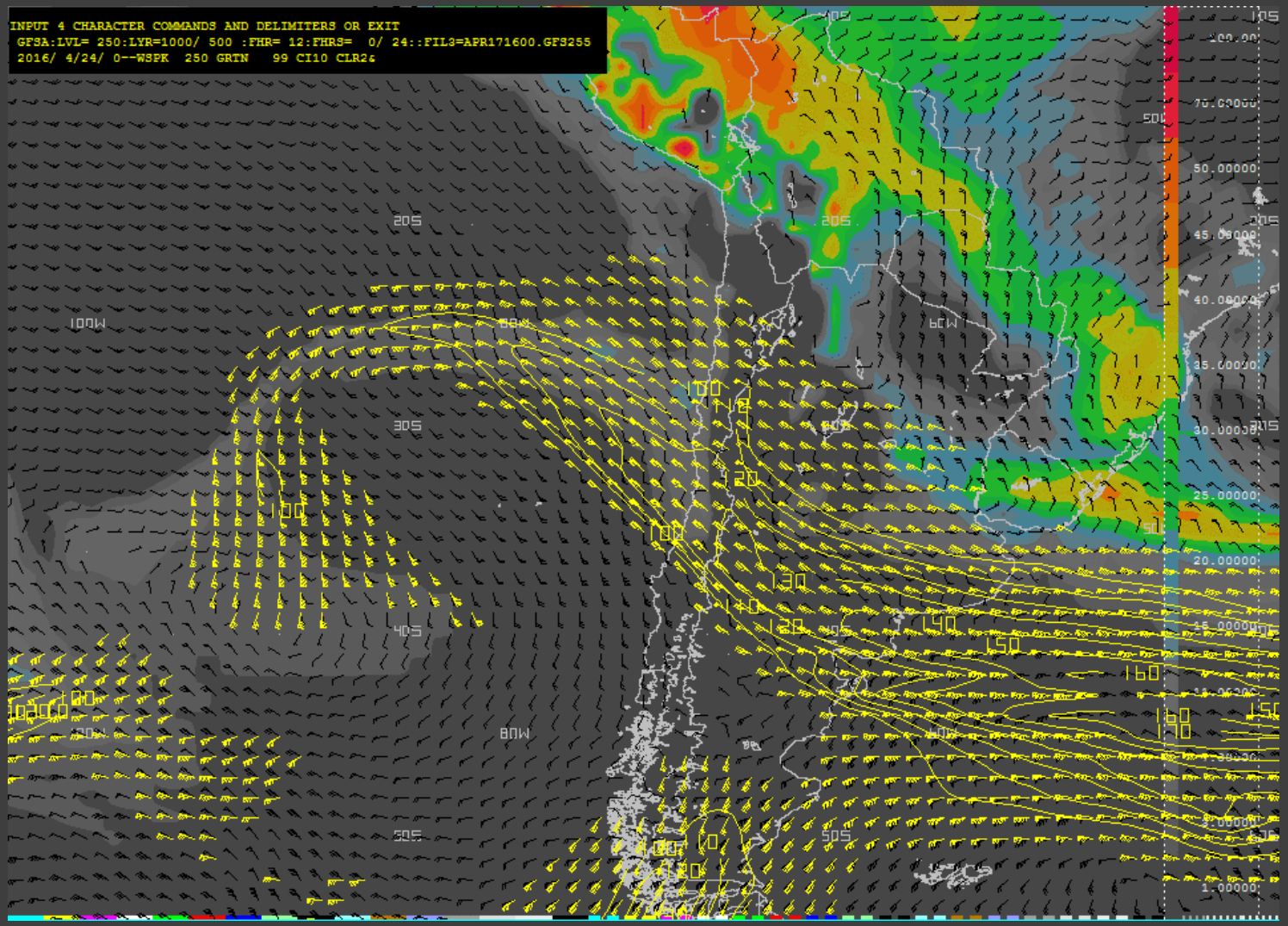
Tormentas en Santiago
Domingo 17 de abril madrugada

Animación de Imágenes IR4



Tormentas en Santiago
Domingo 17 de abril madrugada

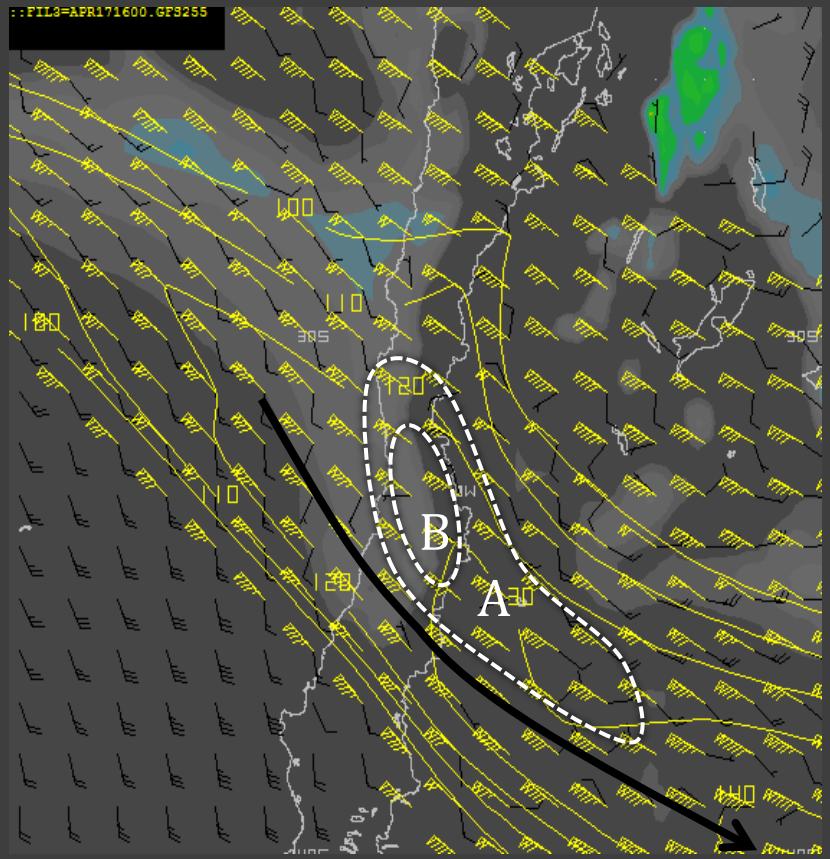
GDI, Viento 850-925 [kt], viento 250 hPa [kt]



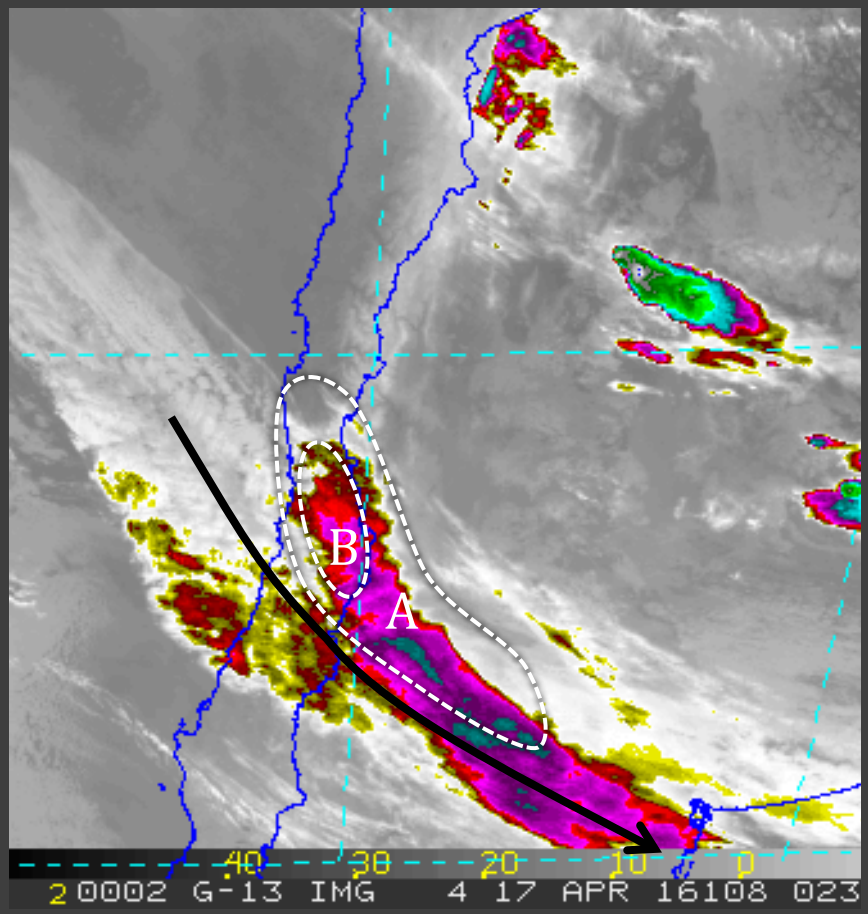
Tormentas en Santiago - Domingo 17 de abril, 02 - 14Z

A) Entrada izquierda (divergente) de Jet cóncavo.
B) Divergencia resaltada a barlovento por la cordillera.

GDI, Viento 850-925 [kt], viento 250 hPa [kt]



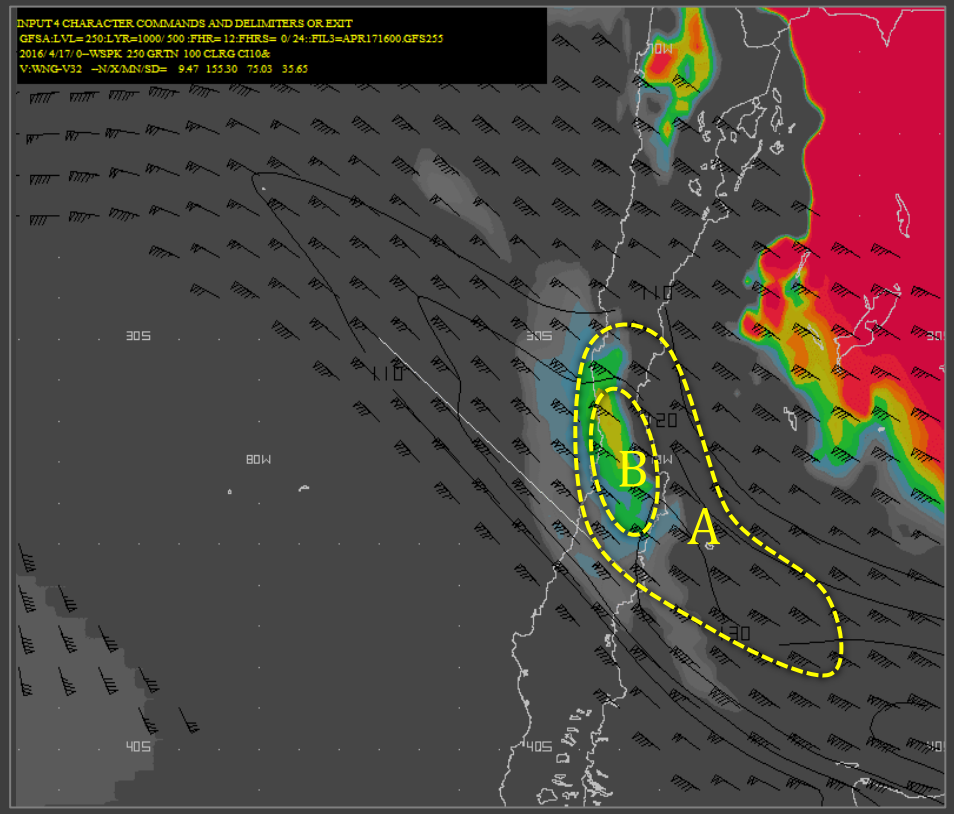
Animación de Imágenes IR4



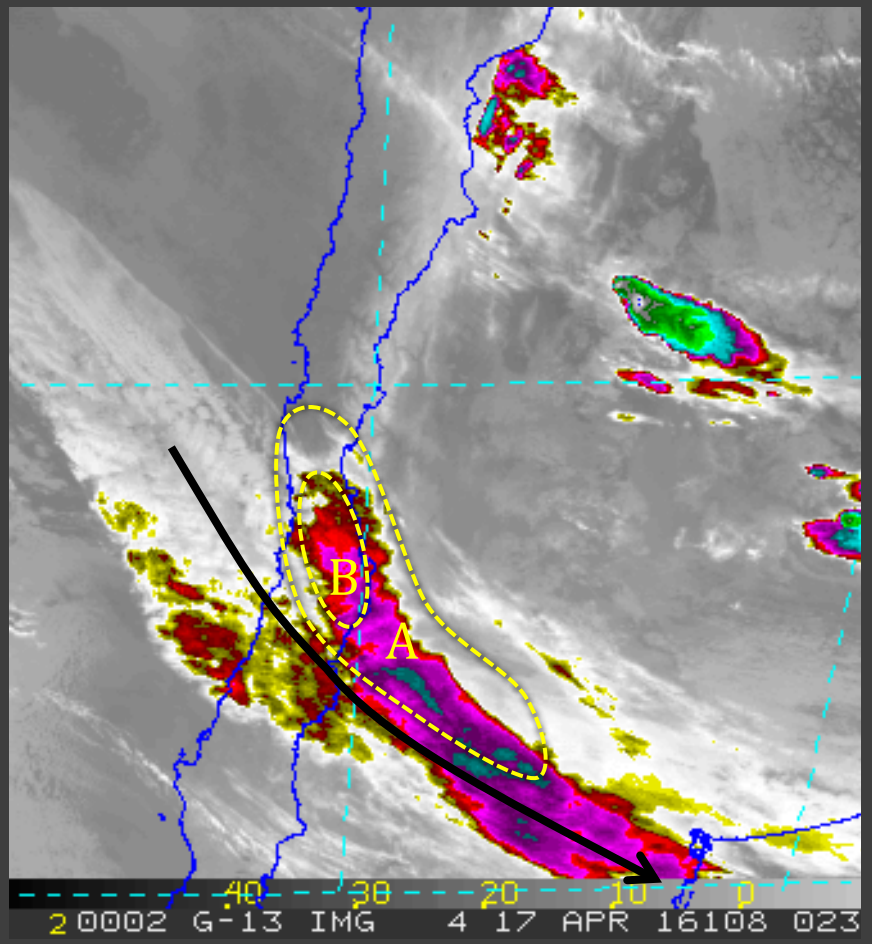
¿Se puede adaptar el GDI para el Centro de Chile?

Si! Hemos realizado una adaptación muy preliminar que esta dando Buenos resultados:

GDI-Chile (colores), Chorro 250 hPa (kt)



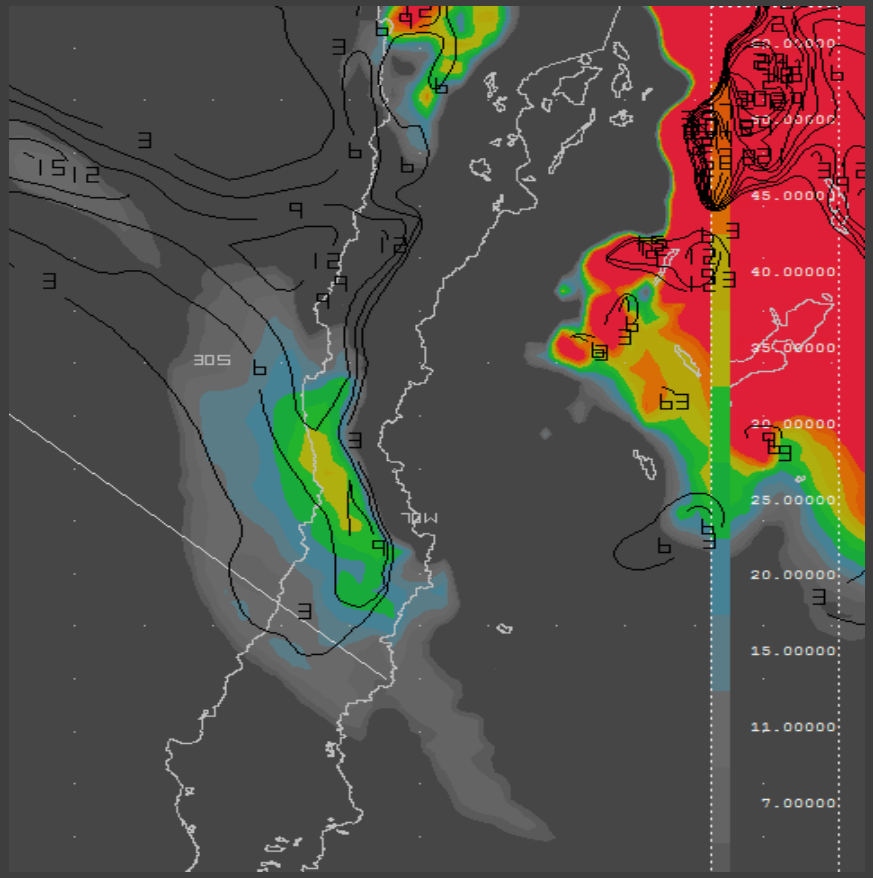
Animación de Imagenes IR4



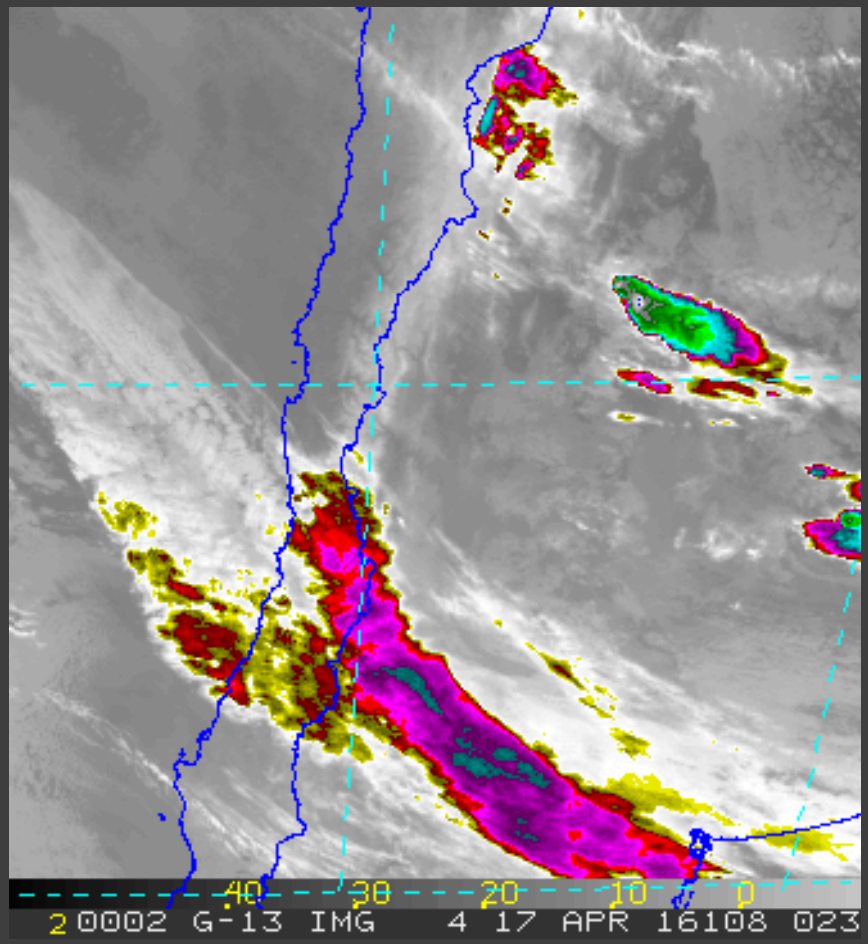
Comparación GDI y GDI-Chile

Tormentas en Santiago - Domingo 17 de abril, 02 - 14Z

GDI-Chile (colores), GDI (contornos), Espesor 1000-850 (m) y viento 850 hPa (kt)



Animación de Imágenes IR4



Adaptación del GDI para Chile

GDI-Chile

Objetivo: Mejorar el pronóstico de lluvias en el Centro de Chile asociadas a conexiones de humedad subtropical.

Uso del Índice Gálvez-Davison en Chile

- Recordemos que el GDI es una suma algebraica de 3 subíndices:

GDI = **ECI** (Índice de Núcleo de TPE; EPT Core Index) + **MWI** (Índice de calentamiento en nivel medio; Mid-level Warming Index) + **II** (Índice de la Inversión; Inversion Index) + **Cor**

ECI

Positivo

Resume el contenido de calor y humedad de la columna

MWI

Negativo

Más negativo mientras mayor sea la T_{500} con respecto a -10°C

II

Negativo

Más negativo mientras mayor el secamiento entre A y B, y mientras más estable la capa 950-700hPa

- Los subíndices se basan en las siguientes variables:

T_{500}, r_{500}

T_{950}, r_{950}

T_{500}

T_{700}, r_{700}

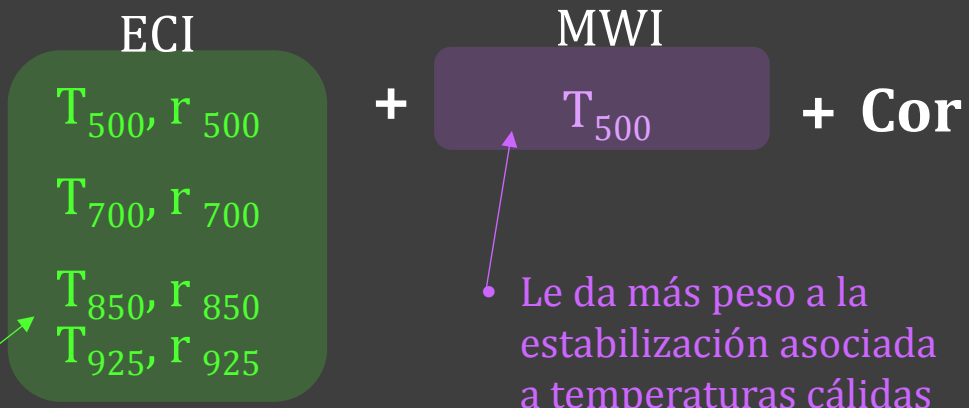
T_{850}, r_{850}

T_{950}, r_{950}

GDI-Chile vs GDI

- Tradicional:

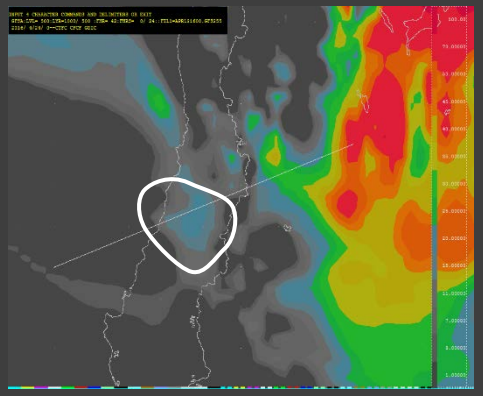
- GDI-Chile: Adaptación para capturar mayor lluvias en el centro de Chile por conexiones de humedad subtropical



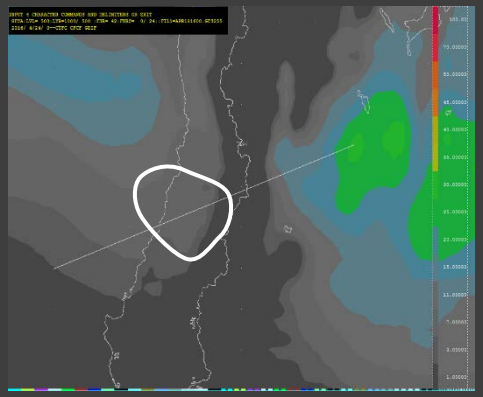
- Le da más peso a la estabilización asociada a temperaturas cálidas en 500 hPa
- Ignora el II ya que las inversiones tipo Alisios subtropicales son irrelevantes en Chile
- Considera 925hPa en vez de 950 hPa
- Considera 850hPa y 700hPa donde suele maximizarse la convergencia de humedad sobre la burbuja fría en la costa

GDI-Chile vs GDI

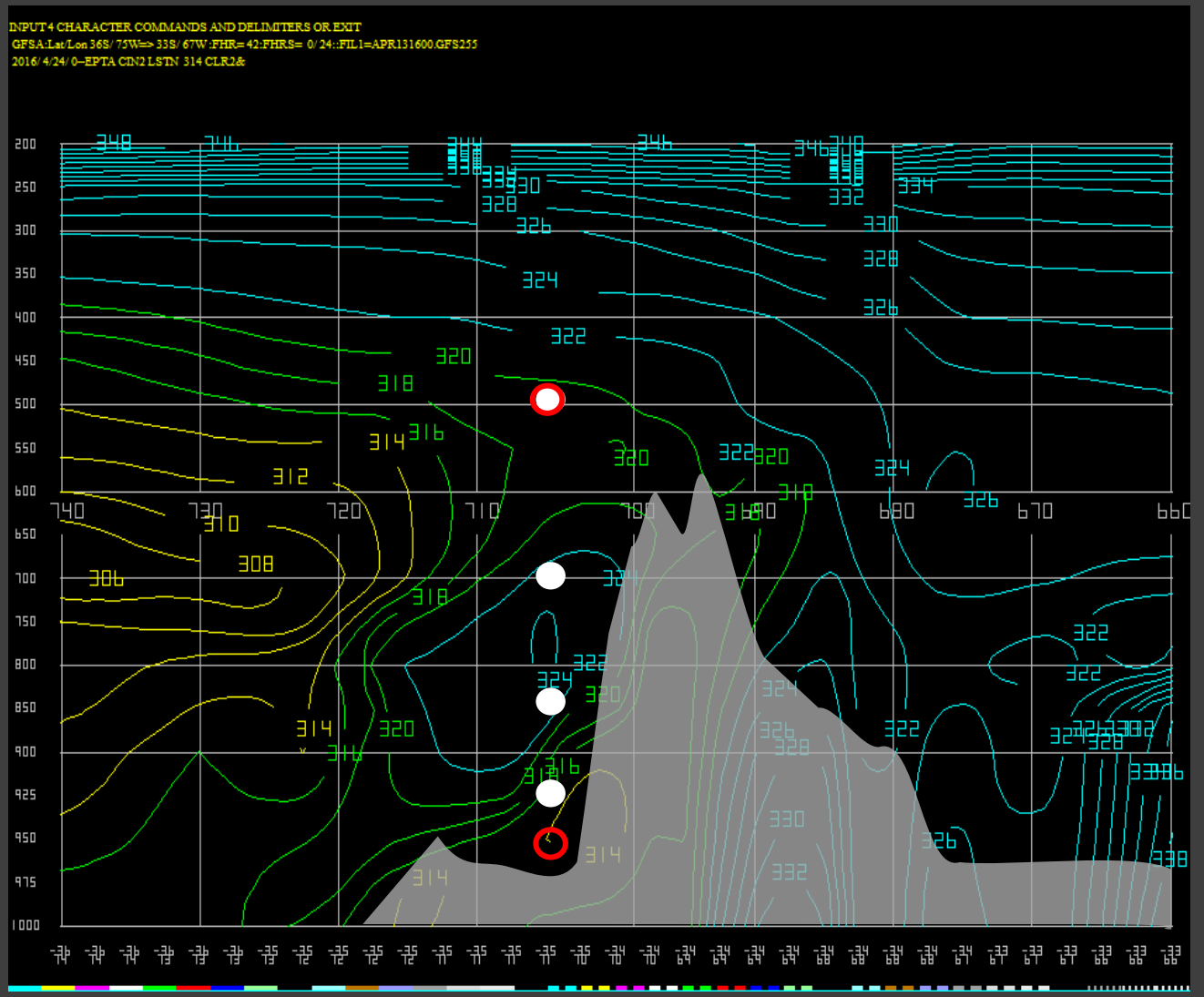
- Los círculos rojos muestran los datos usados para el cálculo del ECI tradicional.
- Los círculos blancos muestran los datos usados para el cálculo del ECI para el GDI-Chile.



GDI-Chile



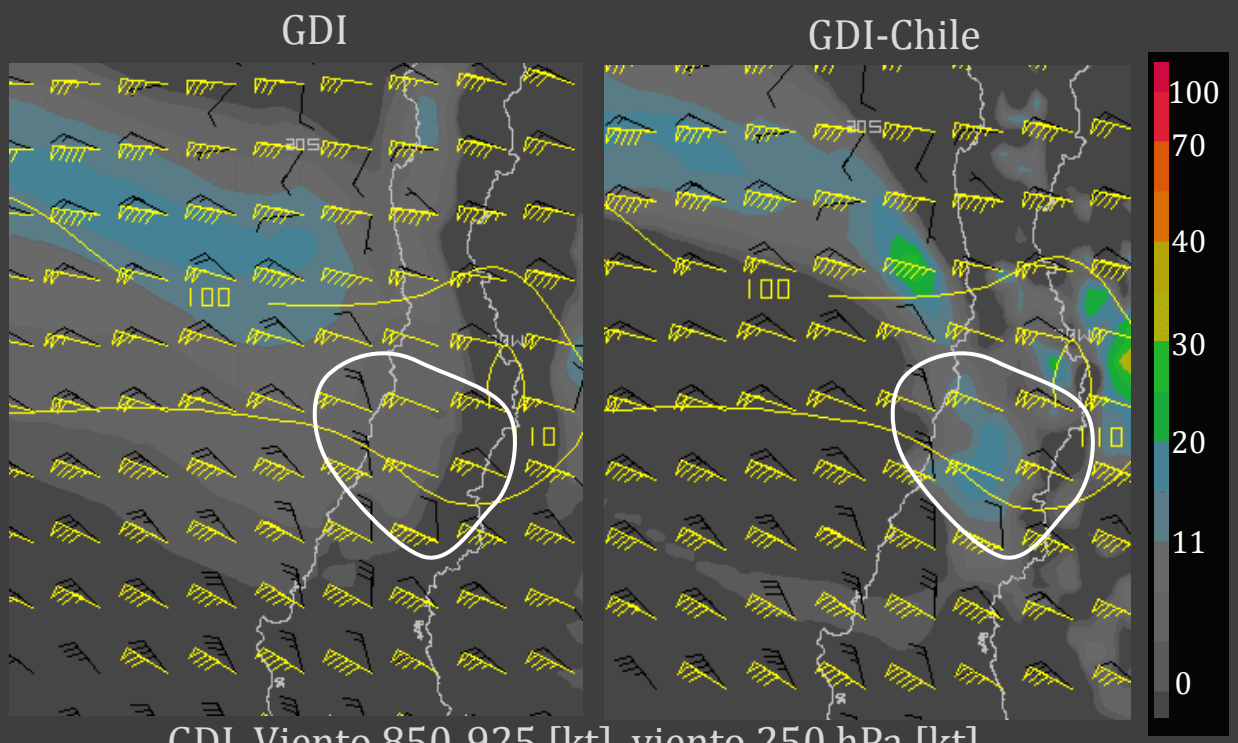
GDI



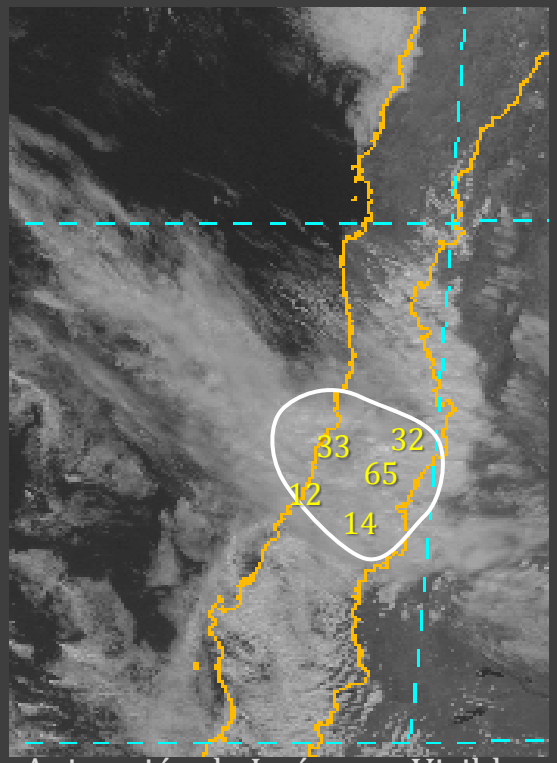
GDI-Chile

Lluvias del Jueves 14 de abril, 16-19Z

- El GDI-Chile captura mejor la actividad en continente ya que para calcular el ECI (columna de calor y humedad) considera los niveles de 925, 850 y 700. Esta capa es más representativa de lo que sucede sobre la burbuja fría costera.
- Asimismo le da más peso a los efectos del aire frío en 500.



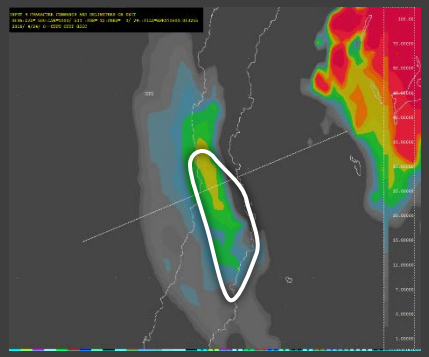
GDI, Viento 850-925 [kt], viento 250 hPa [kt]



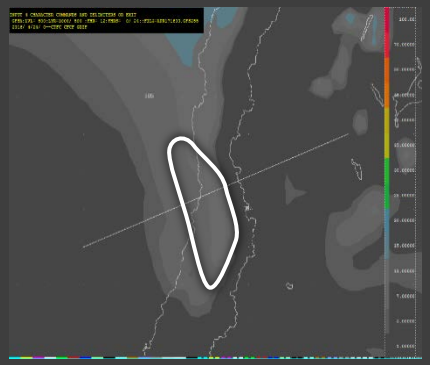
Animación de Imágenes Visibles

GDI-Chile vs GDI

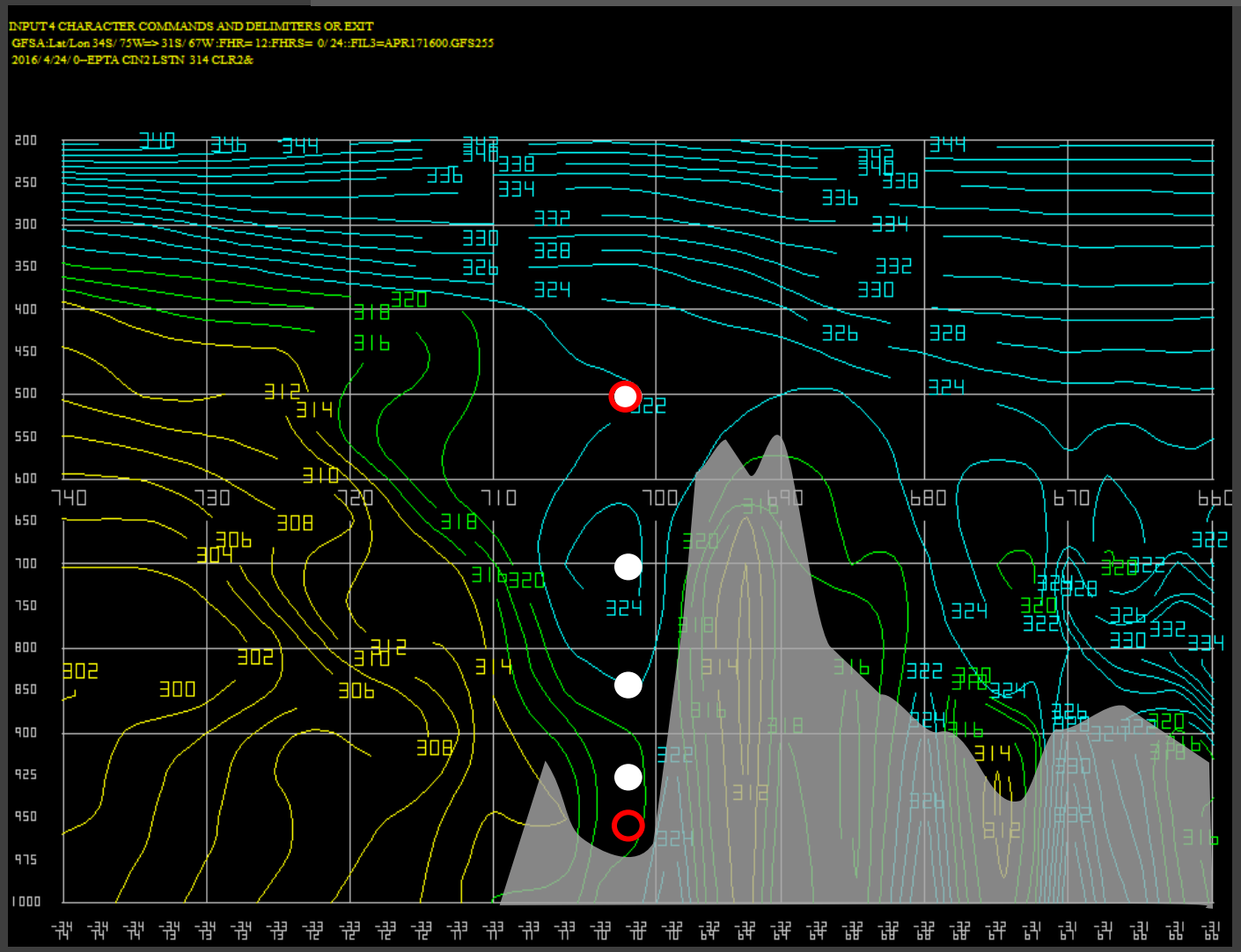
- Los círculos rojos muestran los datos usados para el cálculo del ECI tradicional.
- Los círculos blancos muestran los datos usados para el cálculo del ECI para el GDI-Chile.



GDI-Chile



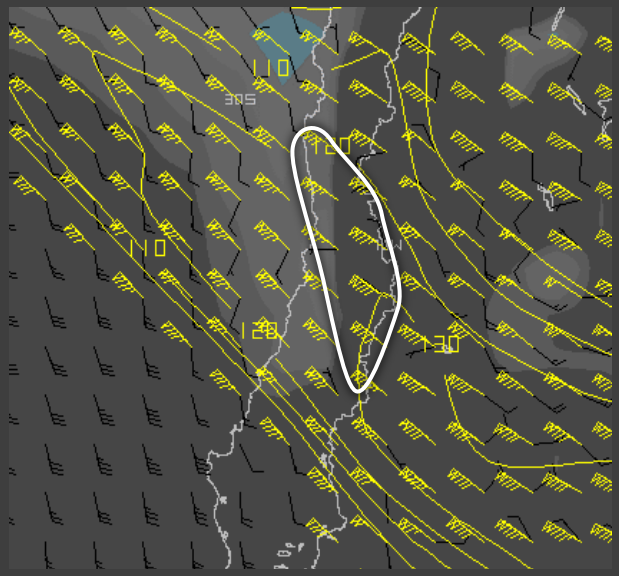
GDI

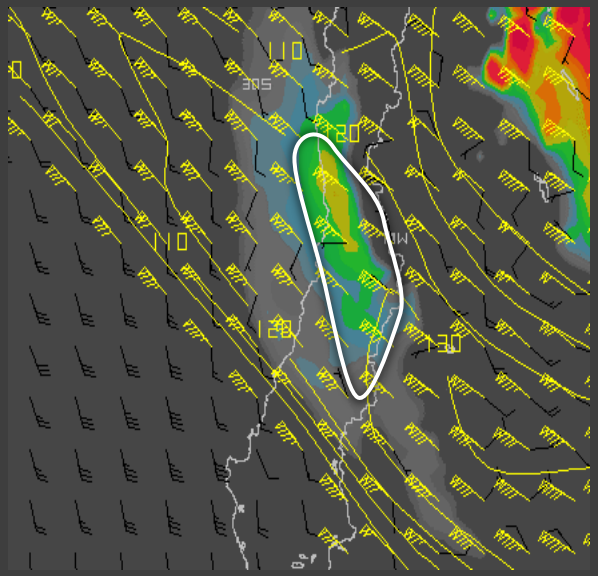


GDI-Chile

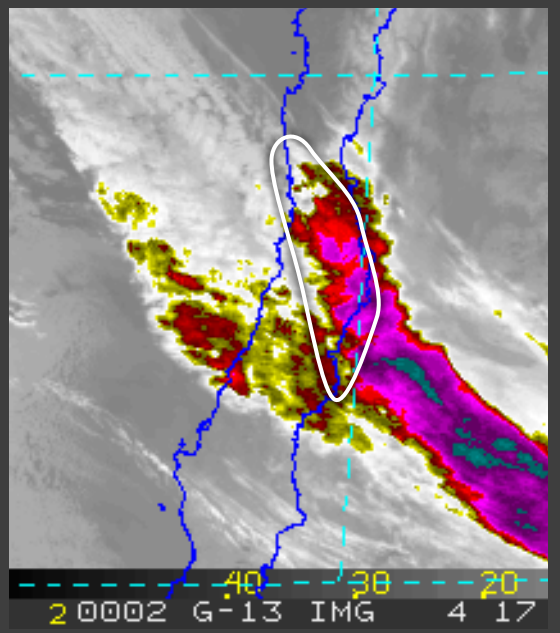
Tormentas en Santiago - Domingo 17 de abril, 02 - 14Z

- El GDI-Chile captura mejor la actividad en continente ya que para calcular el ECI (columna de calor y humedad) considera los niveles de 925, 850 y 700. Esta capa es más representativa de lo que sucede sobre la burbuja fría costera.
- Asimismo le da más peso a los efectos del aire frío en 500.





Animación de Imagenes IR4



Otro Beneficio

El GDI puede ser un predictor mejor que la lluvia del modelo al pasar el tiempo.

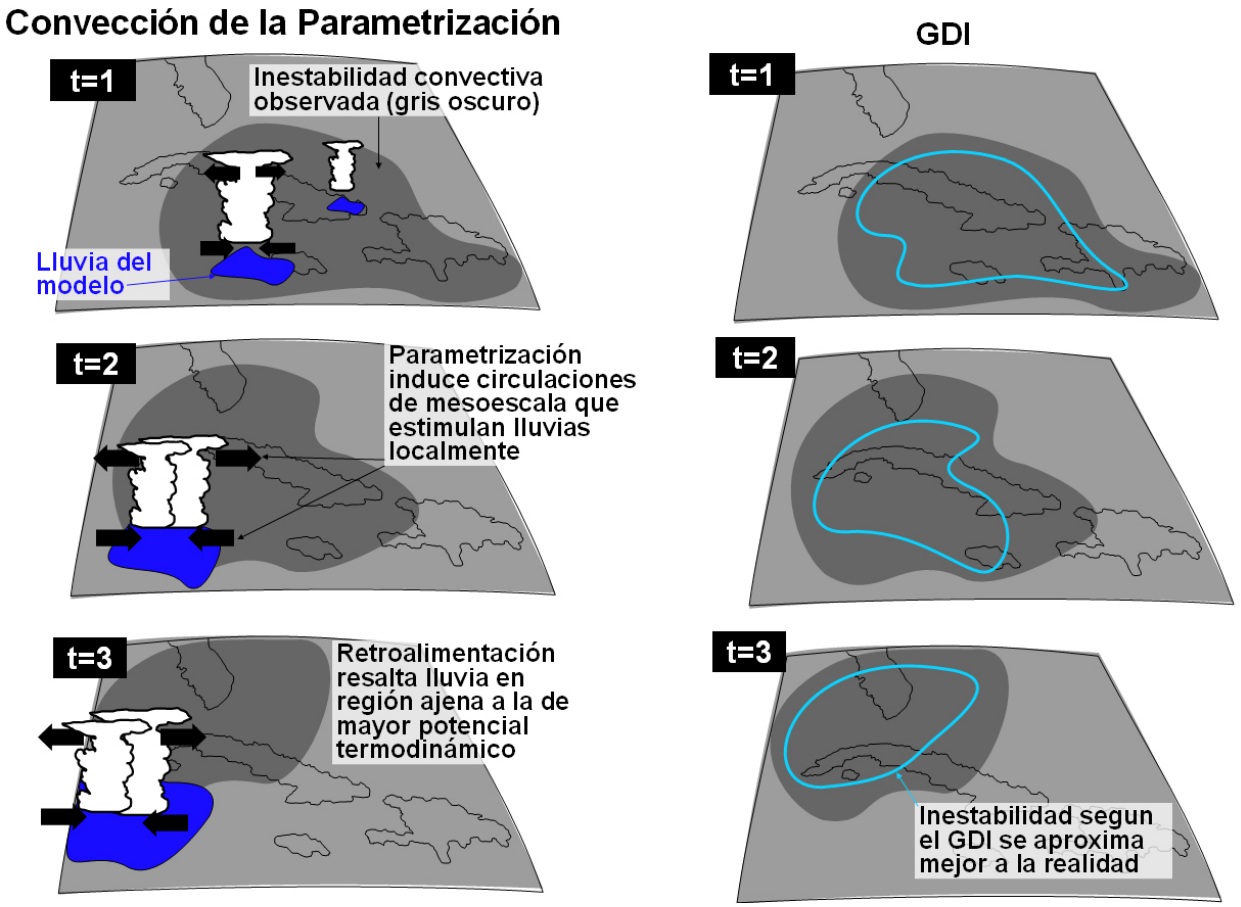
Por que es menos dependiente de la parametrización convectiva

Parametrización Convectiva: Esquema que utiliza campos del modelo para generar precipitación.

- Independiente de las ecuaciones de movimiento.
- Simula donde podría precipitar dada la solución del modelo.
- La precipitación genera cambios (a escala local o mesoescala) en las variables del modelo. ←**RETROALIMENTACION**
- A veces la retroalimentación puede desviar una solución de la realidad.
  - →Esp. convección tropical: es muy caótica y la confianza en su pronóstico detallado decae rápidamente

GDI vs Parametrización Convectiva

Por qué el GDI es menos dependiente en los detalles de la mesoescala. El GDI depende más del transporte de calor/humedad y sistemas (vaguadas/inversiones) a escala sinóptica.



Interacciones de mesoescala en conveccion tropical desvian mucho lluvia del modelo de la realidad con el tiempo

Resumen: Aplicaciones importantes del GDI

1) Detectar con mayor detalle el régimen convectivo esperado en el trópico y subtrópico.

→ Mejor habilidad que muchos índices disponibles.

→ Excelente para evaluar el potencial de tormentas (aviación) según resuelve estructuras más finas.

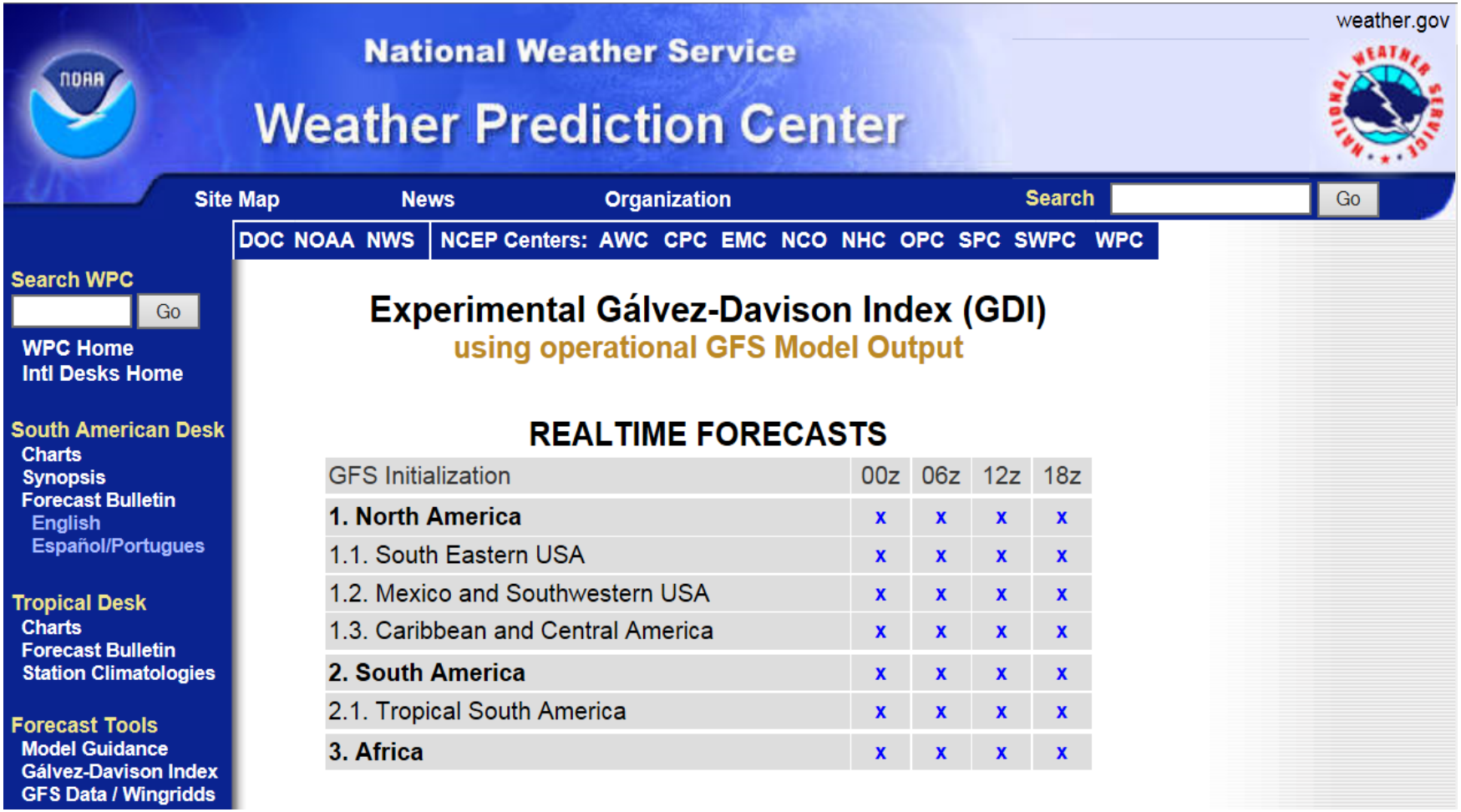
→ Menos dependiente de la parametrización convectiva que la lluvia del modelo.

2) Ayuda a encontrar y seguir perturbaciones en los Alisios

Captura inestabilidad convectiva asociada a onda tropical, del este, vaguadas inducidas y la ITCZ.

¿Dónde esta disponible?

http://www.wpc.ncep.noaa.gov/international/gdi/



Preguntas

- ¿Qué nos dicen los índices de estabilidad?
- ¿Cuáles son las limitantes del método de parcela?
- ¿Qué ventaja tienen los índices termodinámicos sobre el método de parcela?
- ¿Bajo qué condiciones funciona mejor el índice K?
- ¿Por qué el CAPE no funciona muy bien en las regiones tropicales?
- ¿Qué determina la inestabilidad convectiva?
- ¿Qué beneficios tiene el índice de Galvez-Davison sobre otros métodos tradicionales para determinar la estabilidad de la columna?