



# Interpretación de Imágenes de Vapor de Agua

**Jorge Chira La Rosa**  
**[jchira@senamhi.gob.pe](mailto:jchira@senamhi.gob.pe)**

**Dirección de Meteorología Sinóptica**  
**DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA**

# CONTENIDO

- Introducción
- Satelite GOES 12
- Aspectos Sinópticos en las Imágenes de Vapor de Agua
- Patrones de Vapor de Agua
- Datos y metodología
- Discusión de Casos Estudio
- Conclusiones
- Recomendaciones

# Introducción

Las imágenes de satélite (IS) son elementos importantes para la vigilancia y pronóstico de las condiciones meteorológicas en el territorio nacional; éstas en asociación con los modelos numéricos y la red observacional permiten tener un cuadro completo de la atmosfera para las tareas de vigilancia y pronóstico del SENAMHI.

Sin embargo, las Imágenes de Vapor de Agua (IVA) tiene una utilidad limitada debido a la falta de una guía de referencia para nuestra región.

Este trabajo trata de sistematizar los modelos conceptuales y metodología en sensoramiento remoto utilizadas en el SENAMHI y la Agencia Meteorológica del Japón, el que puede servir como una referencia para trabajos posteriores que conduzcan a la elaboración de una guía de referencia para el análisis de fenómenos de escala sinóptica con imágenes de vapor de agua.

# SATELITE GOES 12 (M)

El Satélite geoestacionario GOES 12 (M) conocido como Goes Este fue lanzado el 23 de Julio del 2001. Esta ubicado a 75°Oeste a 36000 Km de altura.

El GOES tiene dos funciones principales: como Imagen y como Sondaje.

Como imagen recoge la radianza atmosférica y terrestre en diferentes canales; Visible, Infrarroja y Vapor de Agua.



Canal 1 VISIBLE	Canal 2 IR 2 ONDA CORTA INFRAROJA	Canal 3 VAPOR DE AGUA	Canal 4 VENTANA ONDA LARGA INFRAROJA	Canal 5(X) INFRAROJA SENSIBLE VAPOR DE AGUA	Canal 6(5) TEMP. DE BAJO NIVEL CO2
0.52-0.72 0.65 um	3.78-4.03 3.9 um	6.47-7.02 6.5 um	10.2-11.2 10.7 um	11.5-12.5 12 um	12.9-13.8 13.3 um

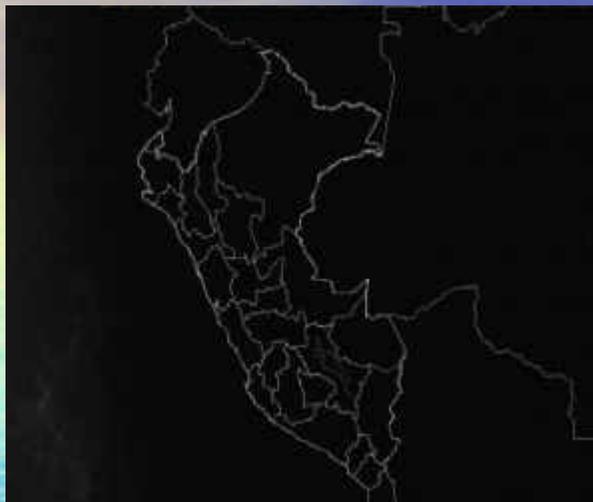
## UTILIDAD DE LAS BANDAS ESPECTRALES

CANAL	CARACTERISTICA
VISIBLE	Util para analisis de nubosidad, contaminación, detección de humo y tormentas, resolución de 1 Km.
CANAL2	Util para identificar niebla en la noche, permite diferenciar nubes de agua, hielo y nieve durante el día, identifica incendios y volcanes y TSM en el día. Resolución de 4 km.
CANAL 3 (WV)	Identifica contenido y advección de humedad en niveles medios y movimiento atmosférico de niveles medios/altos. Resolución de 4 km.
CANAL 4	Identifica movimiento y nubosidad, identificación de tormentas severas y lluvia intensa. Resolución 4 km.
CANAL 5	Util para identificación de humedad de bajo nivel, determinación de TSM y detección de polvo y ceniza volcánica. Resolución 4 km.
CANAL 6	Util para determinación de características de la nube, como presión en el tope de la nube. Resolución 8 km.

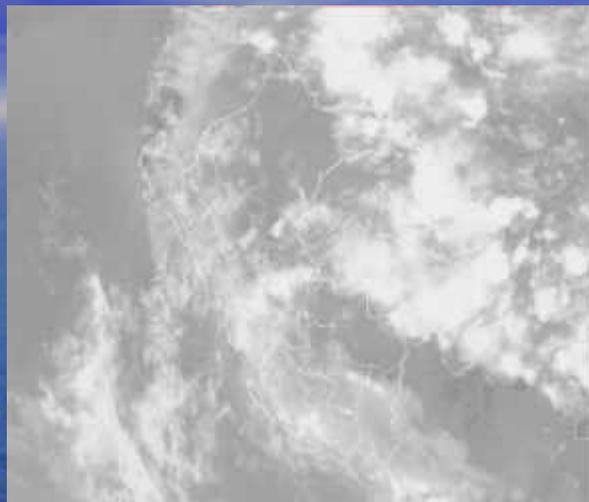
# IMÁGENES DE SATELITE GOES 12

27 DE FEBRERO DE 2004 00:00 UTC (26 FEB. 7 pm)

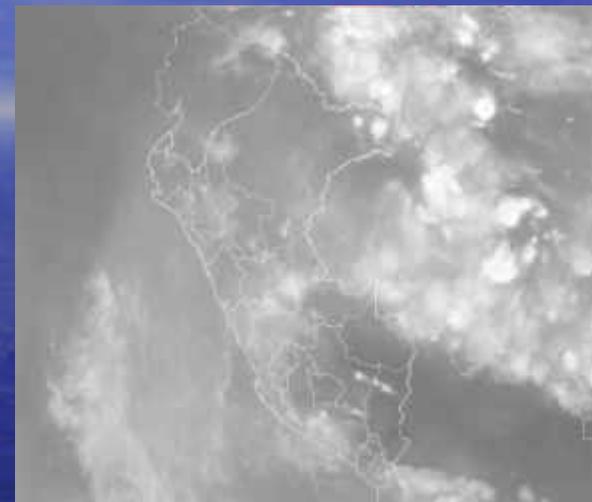
VISIBLE



IR 2



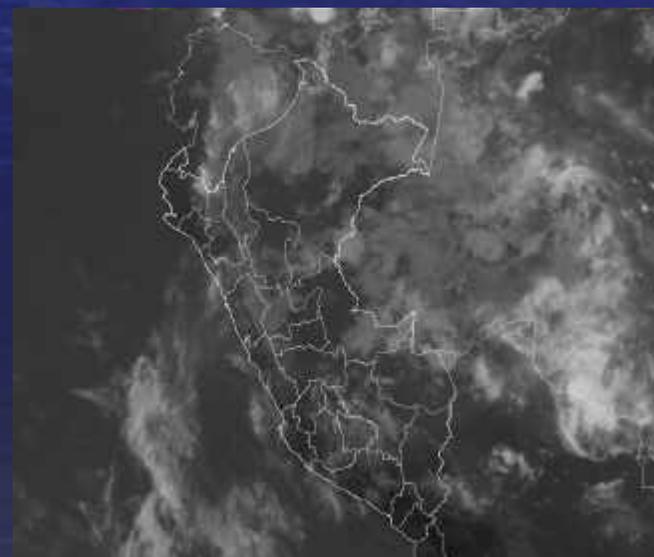
IR 3 - WV



IR 4



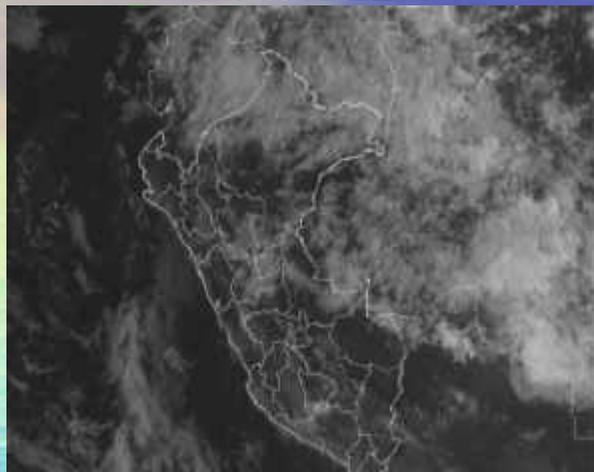
IR 6 (ex 5)



# IMÁGENES DE SATELITE GOES 12

27 DE FEBRERO DE 2004 13:00 UTC (8 am)

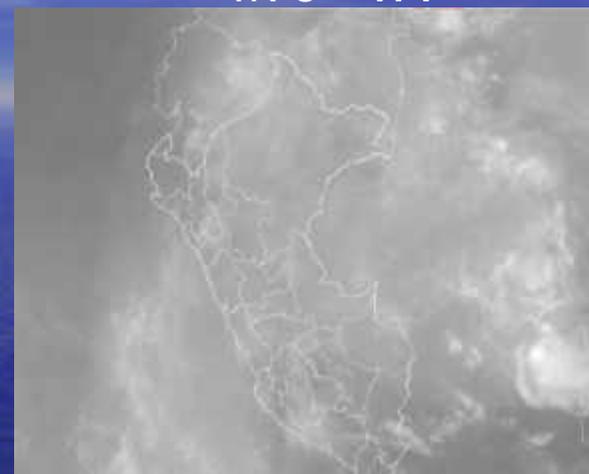
VISIBLE



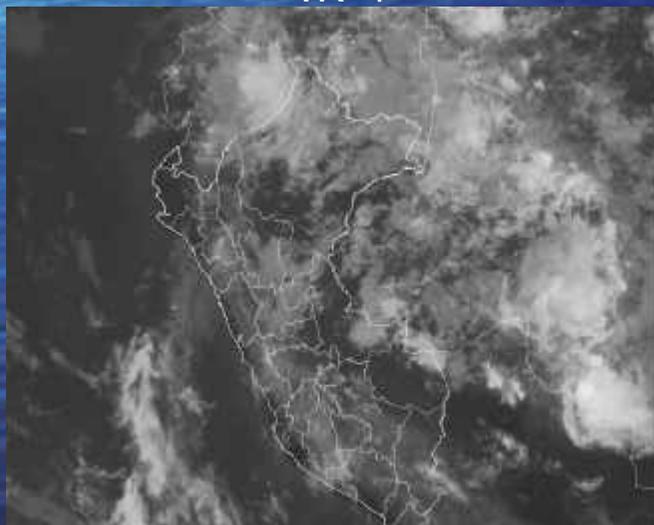
IR 2



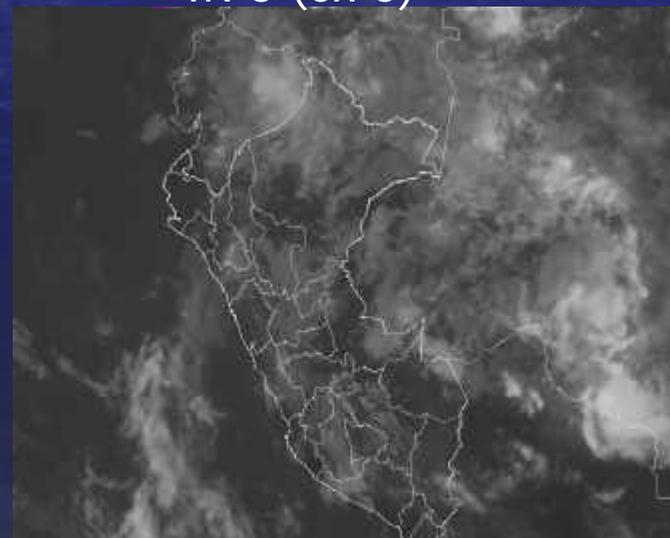
IR 3 - WV



IR 4

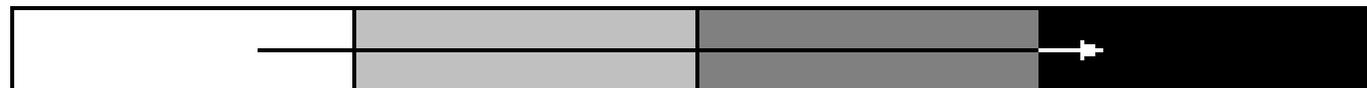


IR 6 (ex 5)



## IDEAS BÁSICAS DE INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES

Blanco      Gris brillante      Gris      Gris oscuro      Negro



### **VIS**

**Brillo:**

	Cb Ns	Cu Ci St	Tierra
Albedo, intensidad rayo solar, ángulo solar	Nieve "nueva"	Nieve "vieja"	Bosques
espesor, comp. nube	Cu Ac Cs St	Desierto	Oceanos lagos

### **IR**

Temperatura de la superficie radiante

	Topes nubes altas	Topes nub. medias	Tierra Noche-Dia
	Cb Nb Ci Cs	Cb Cu	
	As Ac		
	Topes más fríos, nubes más altas		

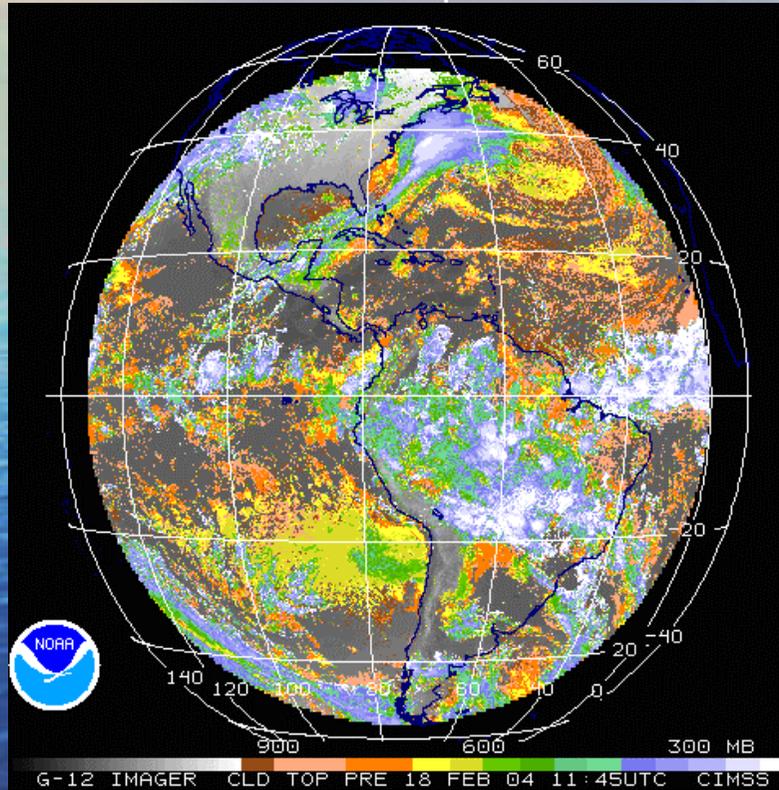
### **WV**

Contenido de HÚMEDAD de los niveles med-altos trop.

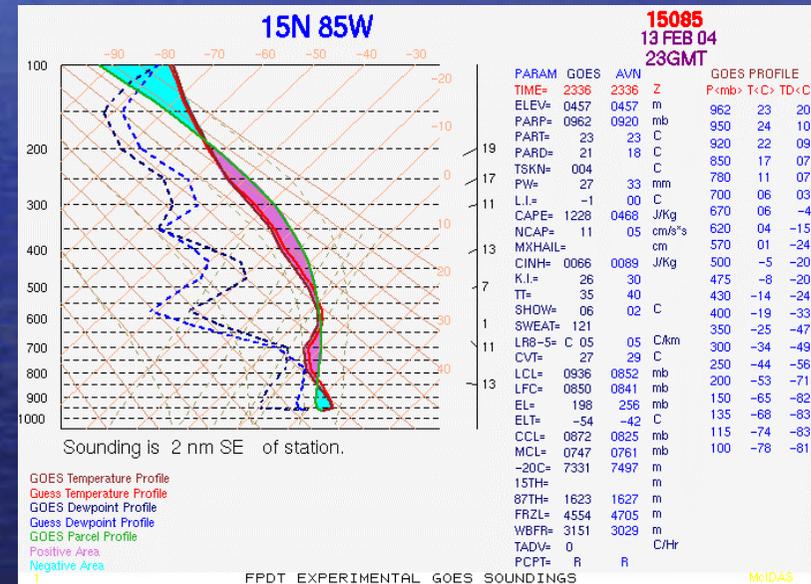
	Nubes altas-medias espesas, alto contenido de humedad	Medio-bajo contenido de humedad en niveles medios-altos	Sequedad niveles altos y medios
--	---	---	---------------------------------

# OTRAS APLICACIONES DE LA IMAGEN DE SATELITE

## GOES (12) IMAGEN Canal 6 Presion Tope de la Nube



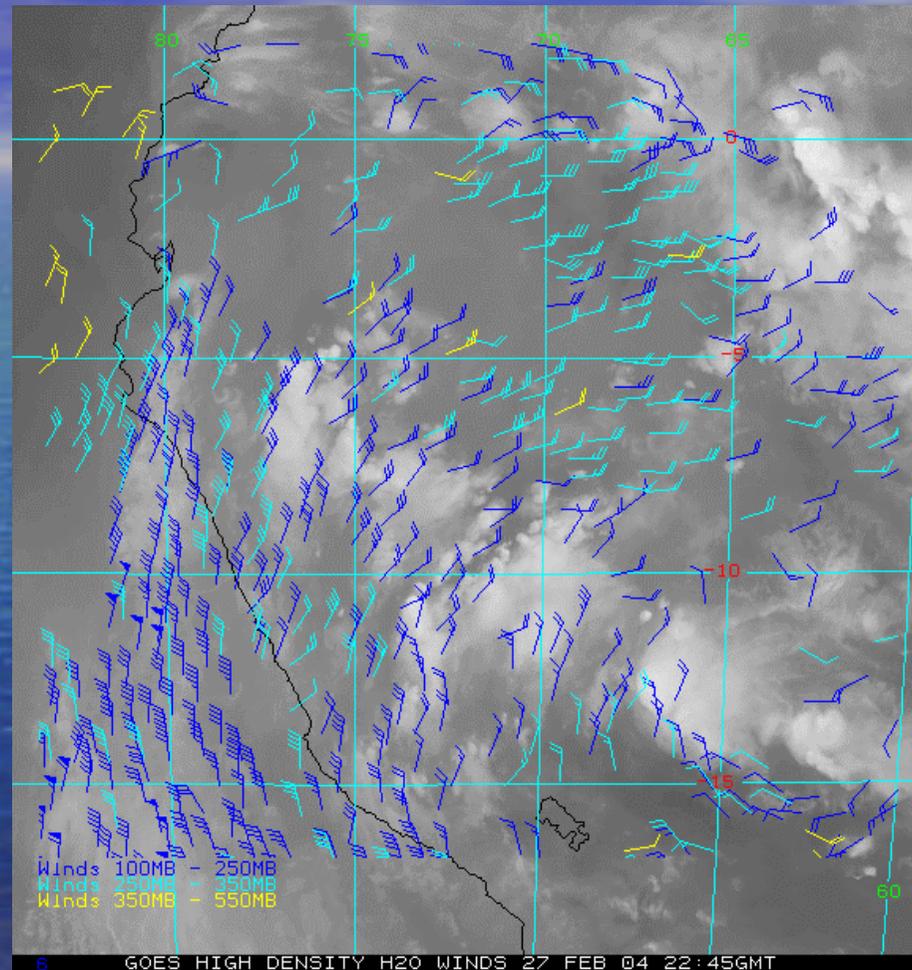
## GOES SOUNDER U.S.A



<http://cimss.ssec.wisc.edu/goes/realtime/grtmain.html#imgrcld>

<http://orbit-net.nesdis.noaa.gov/goes/soundings/skewt/html/skewtpac.html>

## VIENTO DERIVADO A PARTIR DE IMÁGENES DE SATELITE



<http://orbit35i.nesdis.noaa.gov/goes/winds/>

# Aspectos Sinópticos en las Imágenes de Vapor de Agua

En una imagen de vapor de agua (Fig. 2), típicamente el color blanco indica temperatura de brillo muy fría (radiación de una capa húmeda o nubes en la tropósfera superior) y el color negro indica temperatura de brillo cálida (radiación de la Tierra o de una capa seca en la tropósfera media).

Las características “húmedas” y “secas” vistas en la IVA resultan de varias combinaciones de movimiento vertical, deformación horizontal y advección de humedad en la tropósfera media y alta (generalmente entre los 4-12 km de altitud).

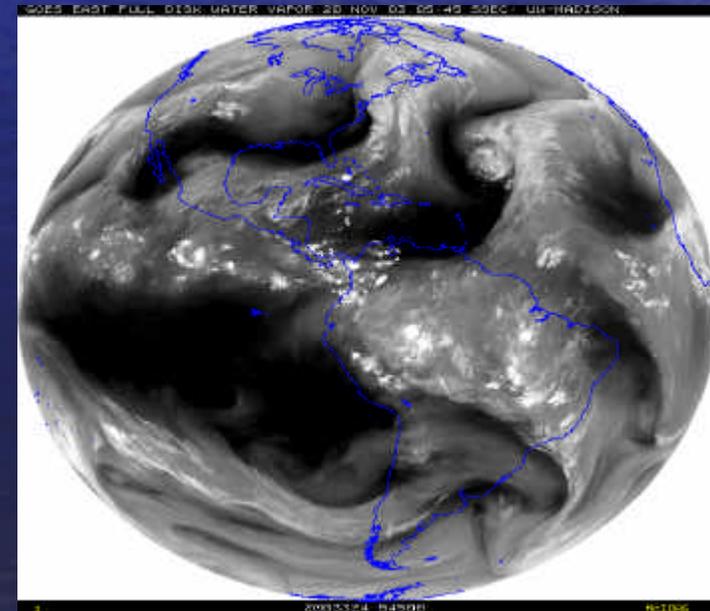
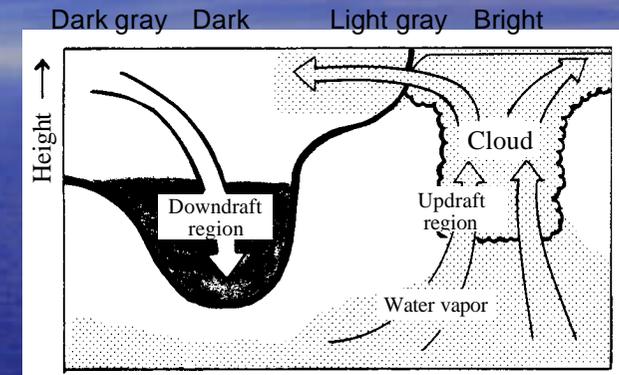


Figura 2. Imagen de Vapor de Agua

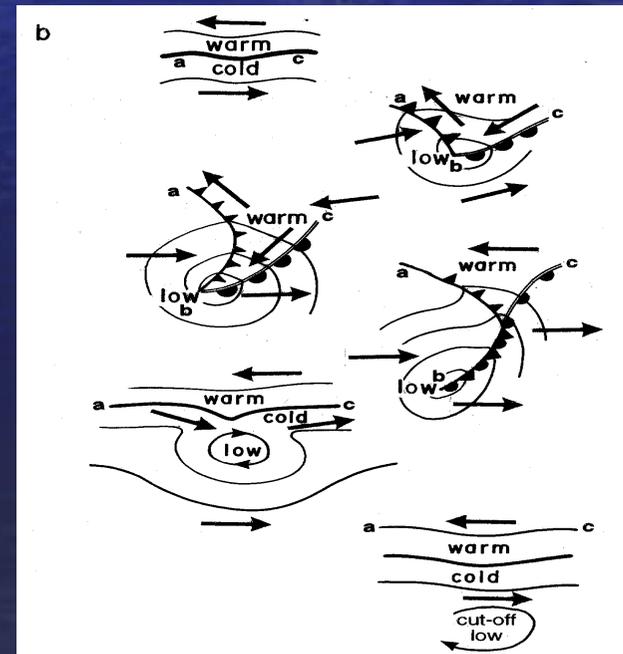
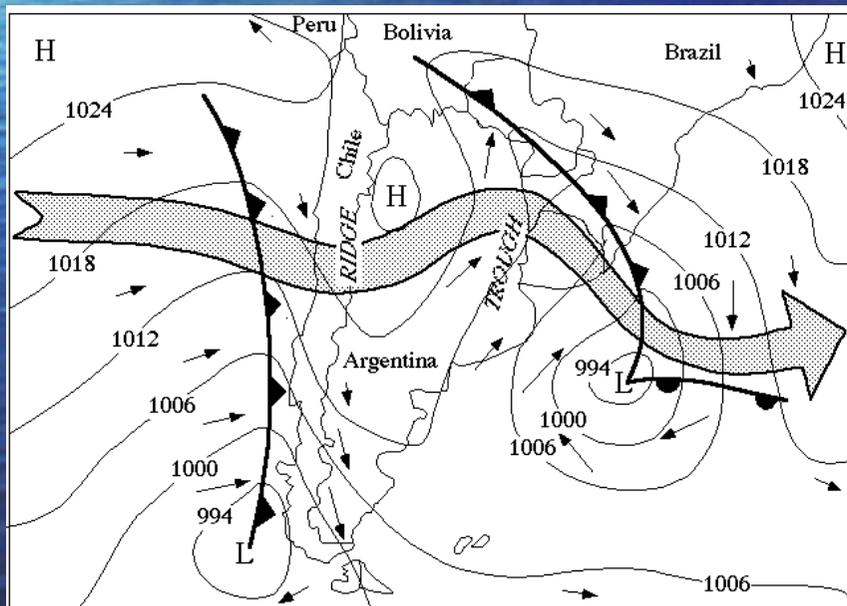
# Aspectos Sinópticos en las Imágenes de Vapor de Agua

Los fenómenos de escala sinóptica cubren un área entre 1000 km-6000 km y ocurren en una escala de tiempo entre 1 día a dos semanas.

Los aspectos sinópticos más comunes en las IVA en sudamérica son las Ondas Cortas, Vaguadas, Cuñas y la Corriente en Chorro.

La Fig. 3 muestra el modelo conceptual para la Vaguada, Cuña, Corriente en Chorro y Frente Frío y Cálido, así como la formación de un ciclón extratropical en el hemisferio sur.

Figura 3. Modelo Conceptual de frente frío y ciclón extratropical en el hemisferio sur



# Datos

Se utilizaron imágenes de vapor de agua de Internet en el periodo 13, 21 y 25 de Noviembre 2003 de las siguientes fuentes :

- Regional and Mesoscale Meteorology (RAMM) Team of NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration-USA) and CIRA (Cooperative Institute for Research in the Atmosphere-USA)

<http://www.cira.colostate.edu/ramm/rmsdsol/RMTC.html>

- The Space Science and Engineering Center of the University of Wisconsin-Madison's

<http://www.ssec.wisc.edu/data/geo/east/>

- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)

<http://www.senamhi.gob.pe>

# Datos

Los analisis de campos atmosféricos fueron tomados de Internet del modelo ETA-SENAMHI

Velocidad del Viento y Divergencia a 200 hPa (13 Noviembre 2003, 00 UTC)

Líneas de flujo y divergencia a 200 hPa (21 Noviembre, 00 UTC)

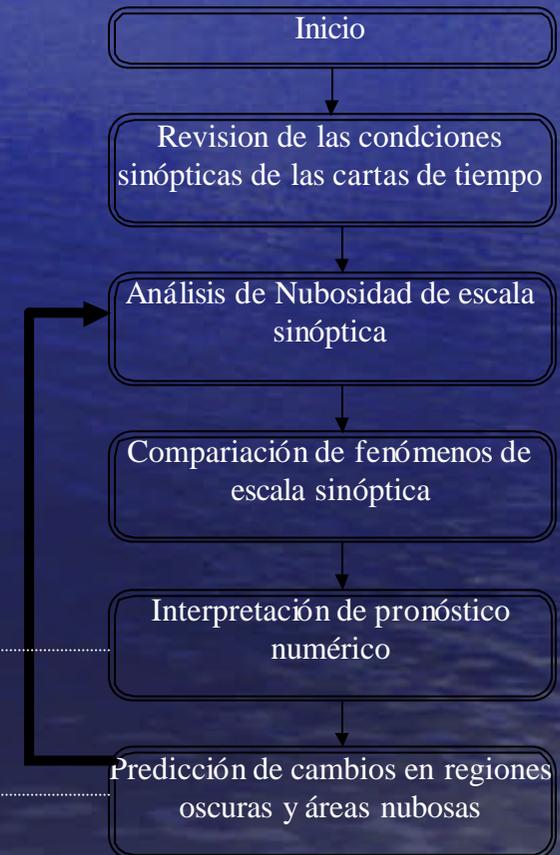
Velocidad del Viento y Divergencia a 200 hPa (25 Noviembre 2003, 00 UTC)

Líneas de flujo y divergencia a 500 hPa (25 Noviembre, 00 UTC)

# Utilizacion de Imagenes de Vapor de Agua en el Pronóstico

Los análisis de los campos atmosféricos del modelo ETA-SENAMHI fueron comparados con las imágenes de satélite para el mismo periodo. Se utilizó parcialmente el método sugerido por la Agencia Meteorológica del Japón (Fig. 4)

**Fig. 4** Diagrama de flujo de Análisis de Imágenes



Analysis de Mesoescala

Pronostico Meteorológico

# Patrones de Vapor de Agua

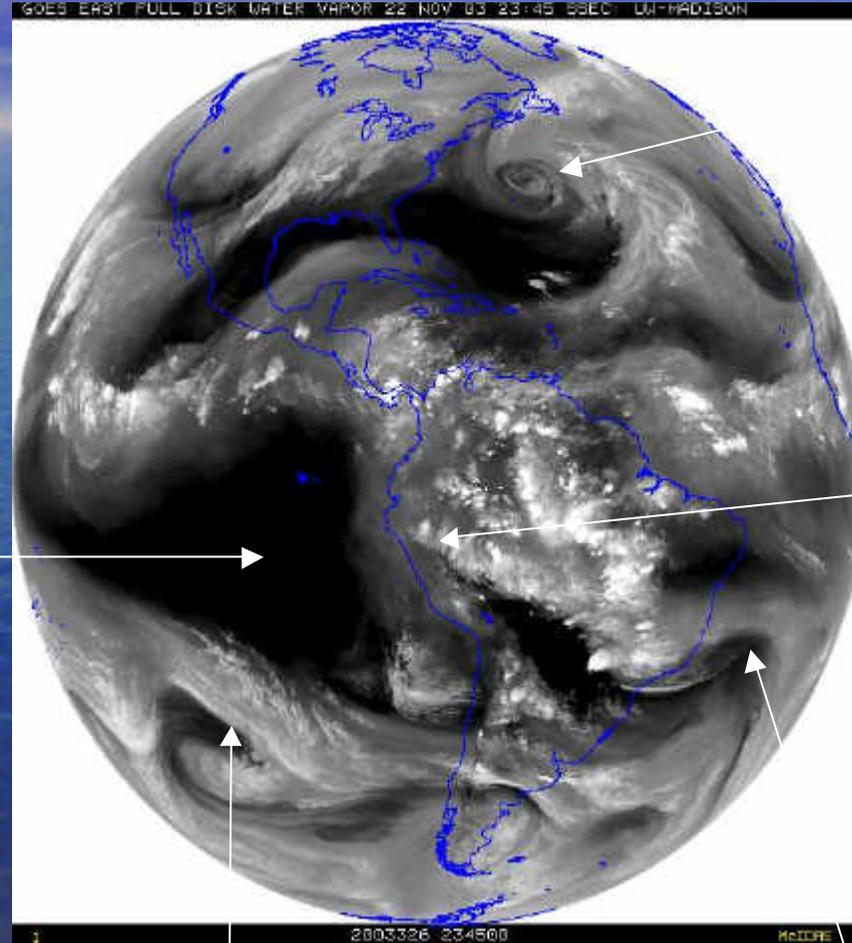
Las áreas brillantes/oscuras de una imagen están relacionadas con flujos ascendentes/descendentes de los niveles medios y altos de la tropósfera.

Relacionados a estas características encontramos los "límites" o "boundaries" que se relacionan a movimientos verticales o deformaciones atmosféricas de masas de aire en regiones donde estos aparecen. Estos "límites" exhiben patrones particulares relacionados a la corriente en chorro, exhibiendo bloqueos y exhibiendo intrusiones (Weldom y Holmes, 1991).

Los patrones más comunes encontrados en las imágenes de WV son:

- Región Brillante
- Región Oscura
- Oscureciendo
- Intrusión Seca
- Hendidura Seca
- Vaguada Superior
- Vórtice Superior

# Patrones de Vapor de Agua



Región Oscura

Vórtice Superior

Región Brillante

HENDIDURA SECA

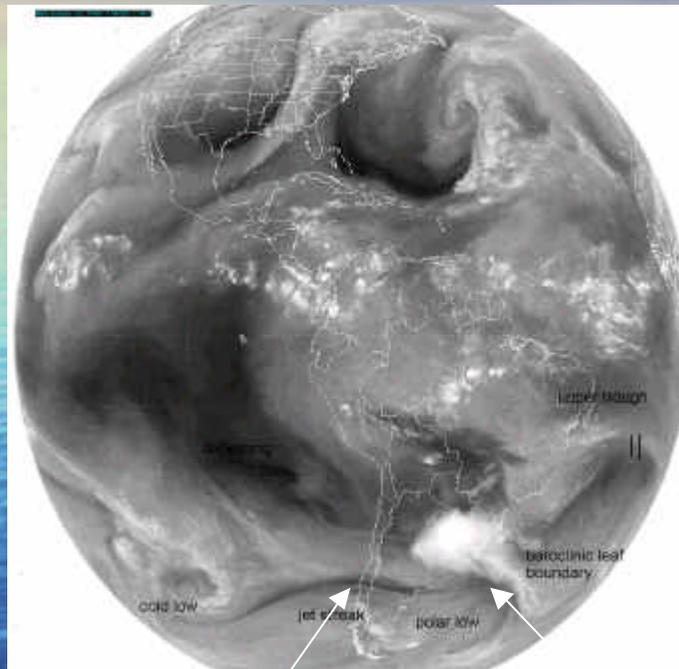
Vaguada Superior

# LIMITES EN IMAGEN VAPOR DE AGUA

<b>Límites relacionados a la Corriente en Chorro</b>	<b>Límite paralelo a la Corriente en Chorro</b>
	<b>Límite de Hoja Baroclínica</b>
<b>Límites por Bloqueo</b>	<b>Límite Cabeza</b>
	<b>Límite Interior</b>
<b>Límites por Incursiones</b>	<b>Límite por Incursión seca</b>
	<b>Límite por Incursión Base</b>
<b>Otros</b>	<b>Límite de Retorno de Humedad</b>

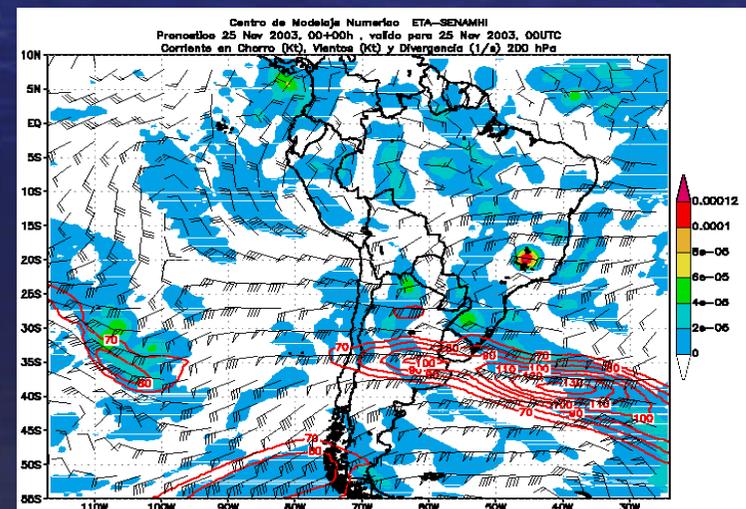
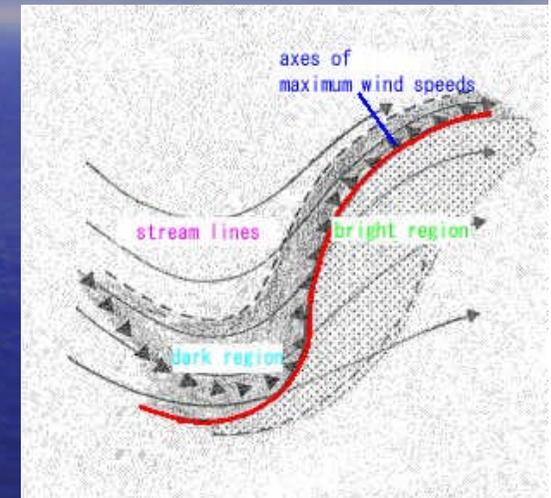
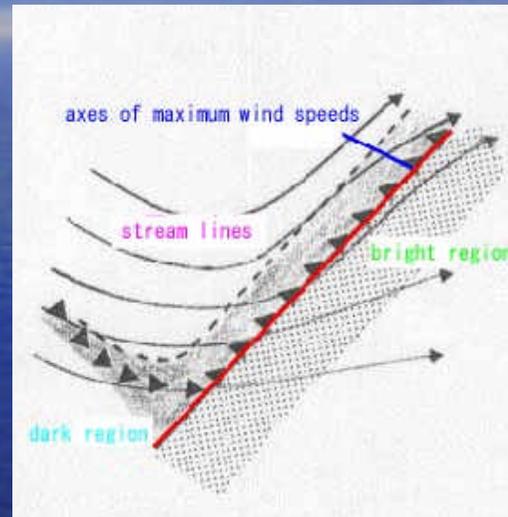
# Limites de Corriente en Chorro

Límite Paralelo al Chorro-Límite de Hoja baroclínica



Limite Paralelo al Chorro

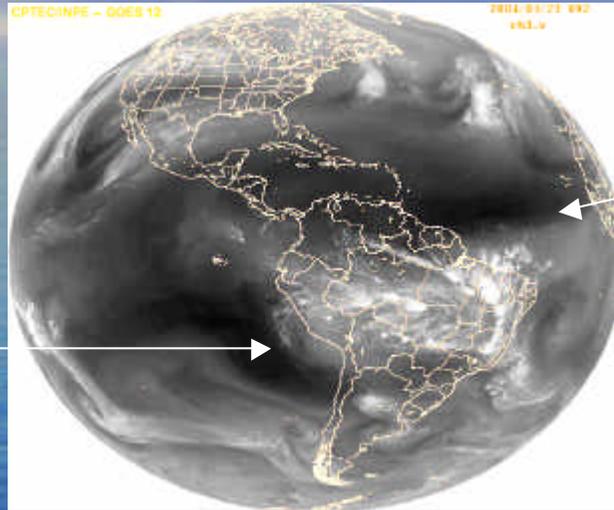
Límite de Hoja Baroclínica



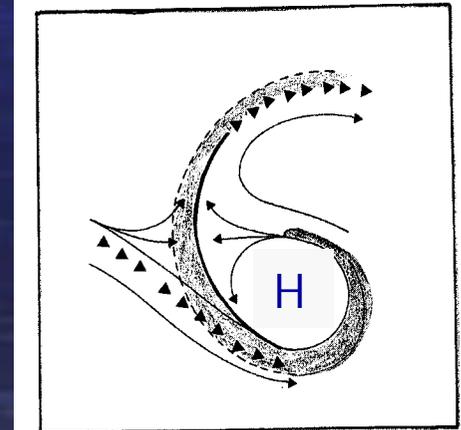
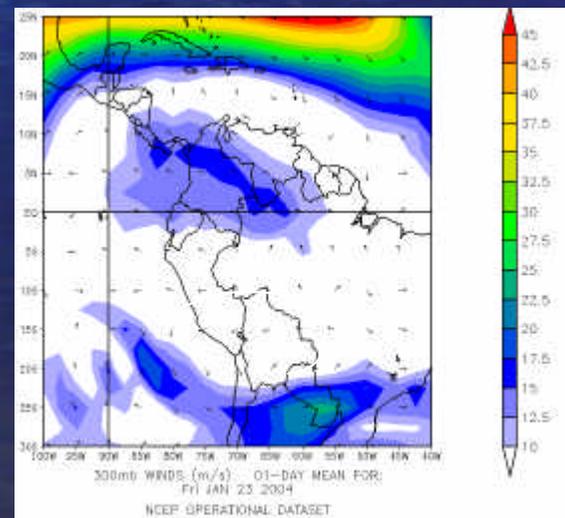
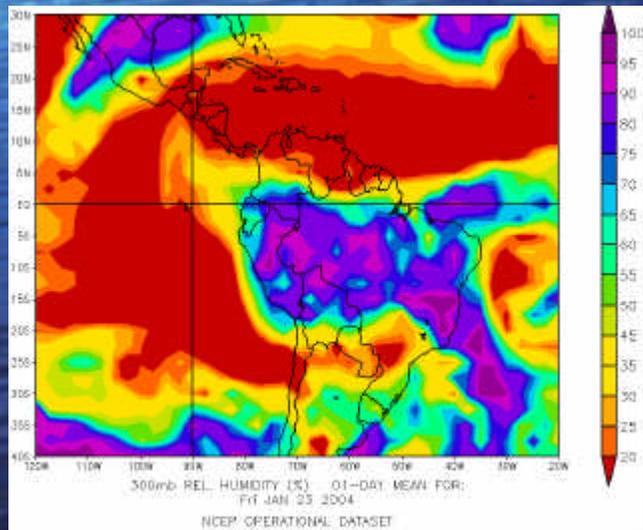
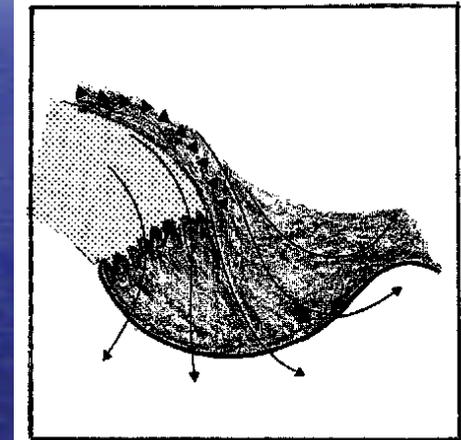
# Limites de por Bloqueo e Incursiones

Limite Cabeza-Límite Incursión Base

Limite Cabeza



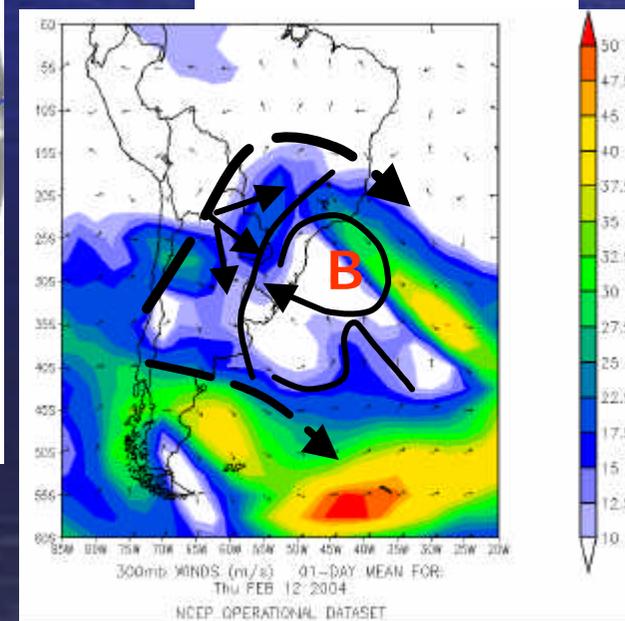
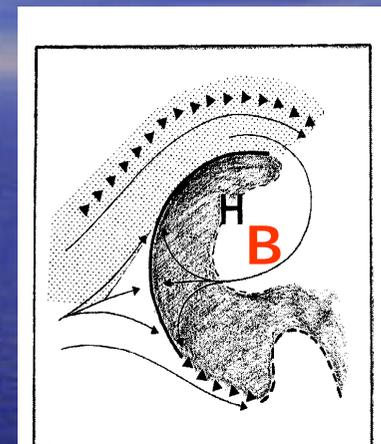
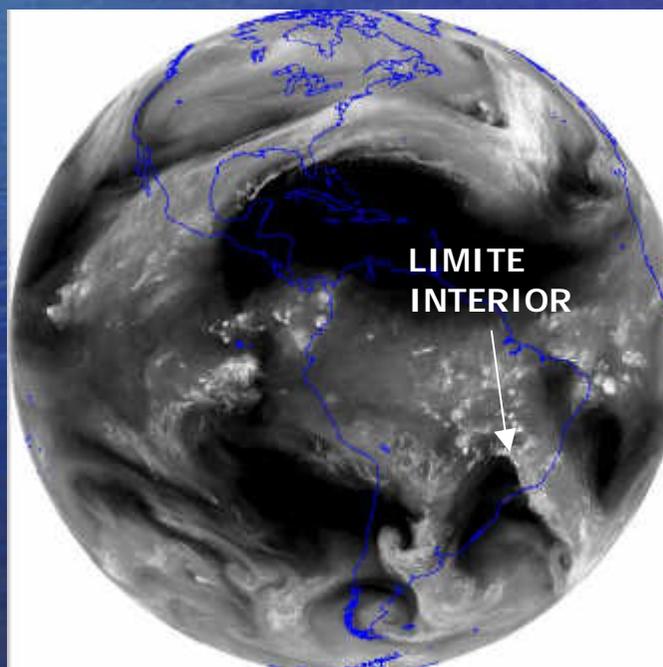
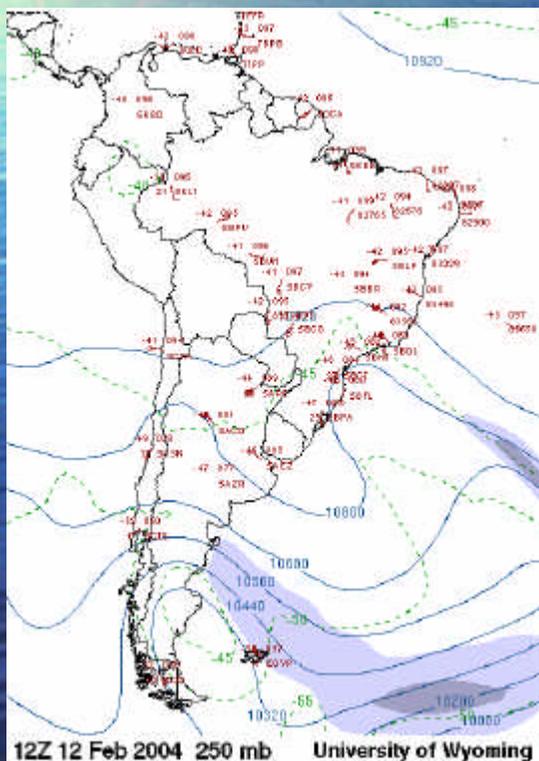
Limite Incursion Base



# Limites por Bloqueo

Límite Interior

12 Febrero 14:45 UTC



# Discusion de Casos Estudio

En IVA, el flujo de nivel medio y alto puede ser visualizado usando el vapor de agua como un trazador, aún cuando no haya nubes. Es posible localizar y definir aspectos sinópticos a partir de la configuracion de los patrones brillantes y oscuros en las imágenes de vapor de agua.

## Caso 1

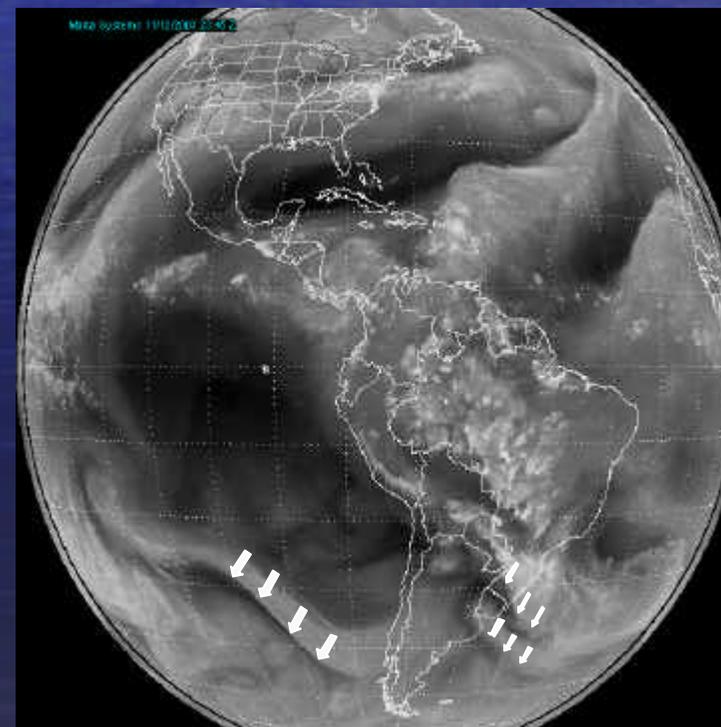
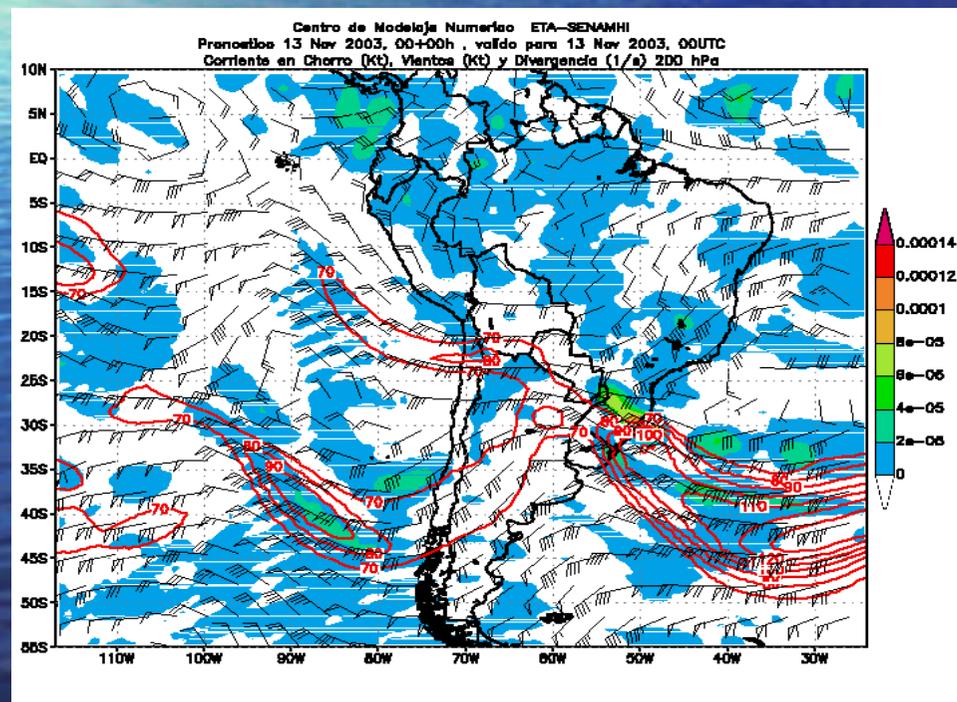
### Ubicación de la Corriente en Chorro

- Nubosidad Característica del eje del Chorro (región de viento más intenso)
- Nubes Cirrus al norte o noreste del eje (Zona de cirrus baroclínico)
- límite bien definido en su lado polar (región oscura al sur y región brillante al norte)
- Límite con forma de S aplanada
- El chorro fluye aproximadamente  $1^{\circ}$  de latitud arriba o cerca de este límite.

# Discussion of Casos Estudio

La Fig. 5 muestra el análisis del viento y divergencia a 200 hPa del modelo ETA-SENAMHI, para el 13 de Noviembre 2003, a las 00 UTC, podemos observar la posición del Chorro subtropical y polar en latitudes media y altas, denotado por los núcleos de fuertes vientos. En la IVA observamos los “límites” asociados a las dos corriente en chorro, mostrando una amplia banda de nubes (región brillante) limitado por una región oscura al sur.

Figure 5. Campo de Viento y divergencia en 500 hPa e Imagen de Vapor de Agua  
13 Noviembre 2003, 00 UTC



# Discusion de Caso Estudio

## Caso 2

### Ubicando Cuñas

En una Cuña dominan los movimientos de descenso, lo que genera un decrecimiento de humedad y disolución de la nubosidad. En una IVA estará asociado a tonalidades gris claro en forma de U.

### Ubicando Vaguadas

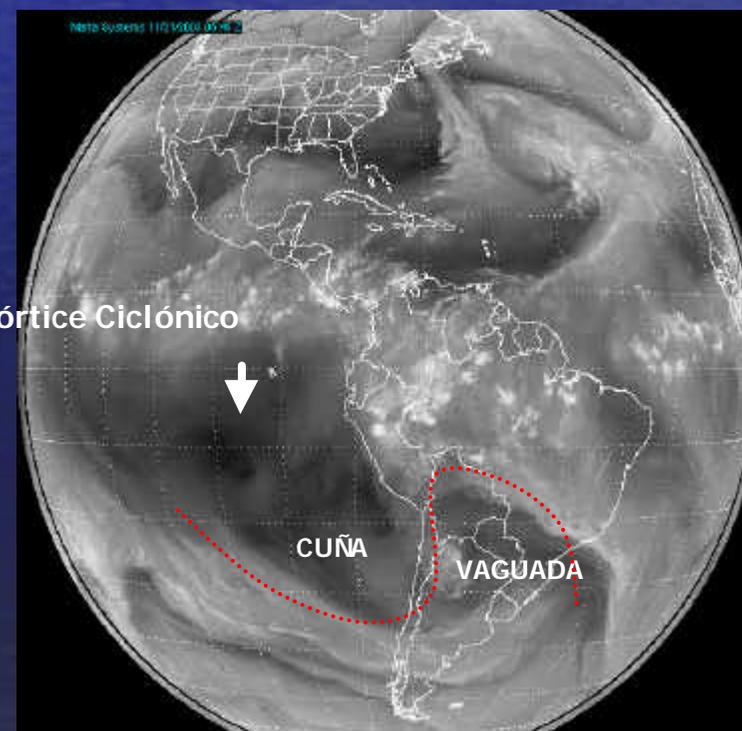
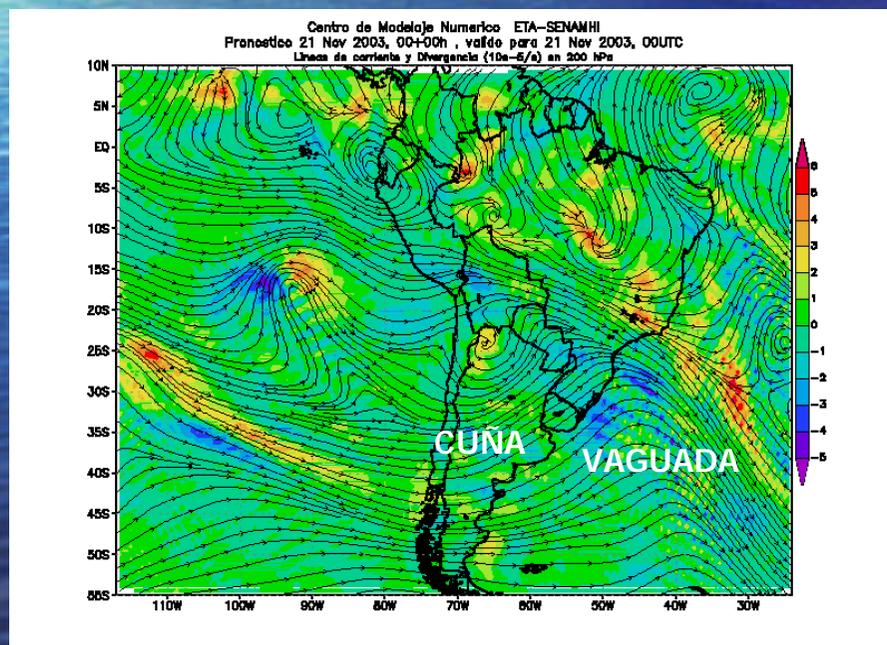
En una Vaguada dominan los movimientos de ascenso especialmente en su lado occidental, esto genera un incremento de humedad y la generación de nubosidad cumuliforme asociado a sistemas frontales fríos con nubes de gran desarrollo vertical.

En la IVA esto estará asociado a regiones con tonalidades grises/brillantes en el lado occidental, y con topes oscuros en forma de U invertida, tambien se puede encontrar tonos grises en la base de la Vaguada. Algunas vaguadas de niveles altos aparecen mucho más oscuras.

# Discusion de Casos Estudio

La Fig. 6 muestra la carta de líneas de flujo y divergencia a 200 hPa del modelo ETA-SENAMHI, para el 21 de November a las 00 UTC, aqui podemos observar la posición cunña/vaguada al sur de Perú. La siguiente figura para el mismo periodo muestra la imagen de WV correspondiente y los sistemas descritos, se puede onservar la banda nubosa delante de la vaguada. Cerca de los 15°S 95° W, podemos observar un vórtice ciclónico.

Figura 6. Líneas de Flujo y Divergencia (500 hPa) y Imagen WV y 21 Noviembre 2003, 00 UTC y 21 Noviembre (06 UTC)



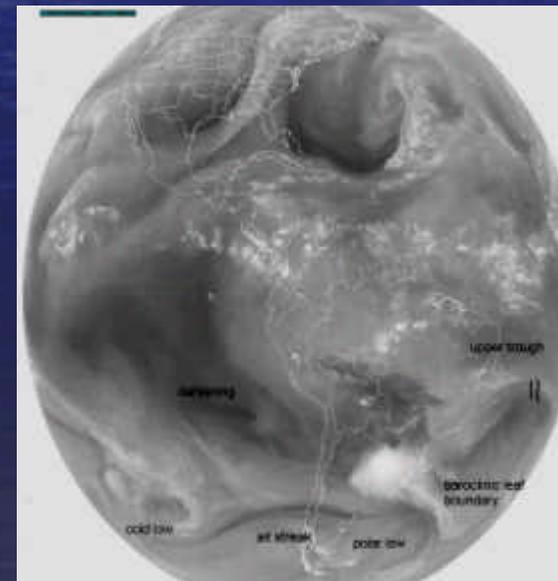
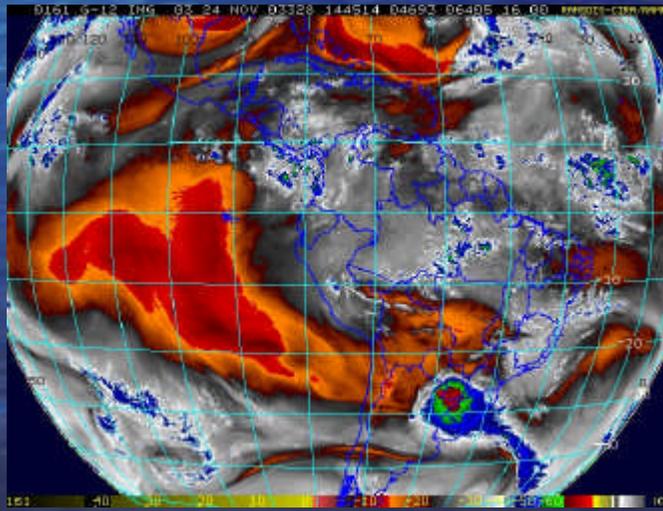
# Discussion de Casos Estudio

## Caso 3

### Uso de realzes

- Se puede utilizar realzes en la imagen de WV (Fig. 7) para mejorar la visualización de las condiciones sinópticas.
- Realizando secuencias de imágenes realzadas de WV podemos obtener mejores analisis como se observa en la Fig. 9.
- Aqui observamos las regiones secas de color naranja/naranja oscuro, regiones húmedas con tonos grises y nubes de desarrollo vertical de color azul, verde y rojo.
- El Chorro aparece de color naranja. La intrusión seca se puede ver como un arco naranja o negro detrás del frente frío.
- Esta figura ayuda a identificar los “límites y la región con más lluvia probable al este de sudamérica.

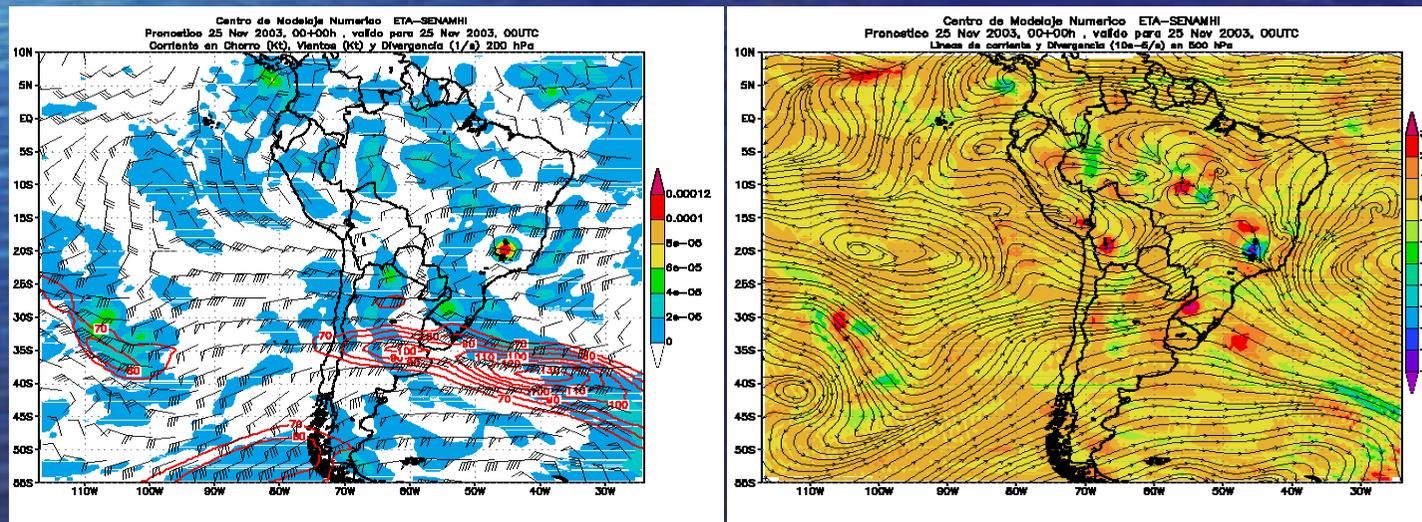
**Figure 7.** Imagen de WV Realzada y en Escala de Grises  
24 November 2003, 12 UTC



# Discusion de Casos Estudio

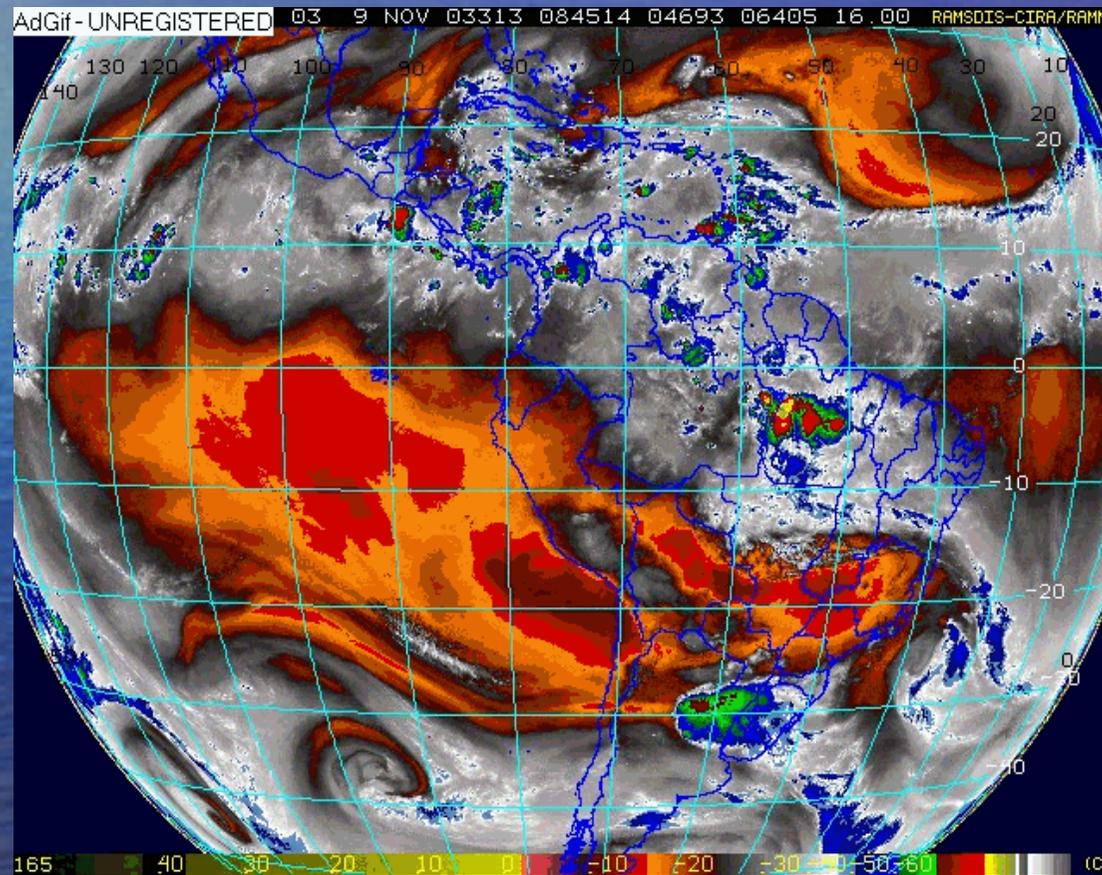
- En este ejemplo (Fig. 7) en la imagen WV del 24 de Noviembre 24 (12:00 UTC), podemos observar sobre el pacífico una región oscura, cerca de 20°S y entre 10°y 40°W, una vaguada en altura, cerca de 40°S y 100°W, vemos una baja fría. El chorro aparece como una línea oscura al sur de sudamerica.
- Otros aspectos relevantes en esta imagen son una baja polar entre los 45°S 50°W, un frente frío localizado al sureste de sudamérica, con ua límite muy bien definida y nubosidad de hoja baroclínica o coma
- Los análisis del modelo ETA-SENAMHI (Fig. 8), para el 25 de Noviembre (00 UTC), en 200 hPa y 500 hPa reflejan claramente estos aspectos.

Figure 8. NWP model (200 and 500 hPa wind field)  
25 November (00 UTC)



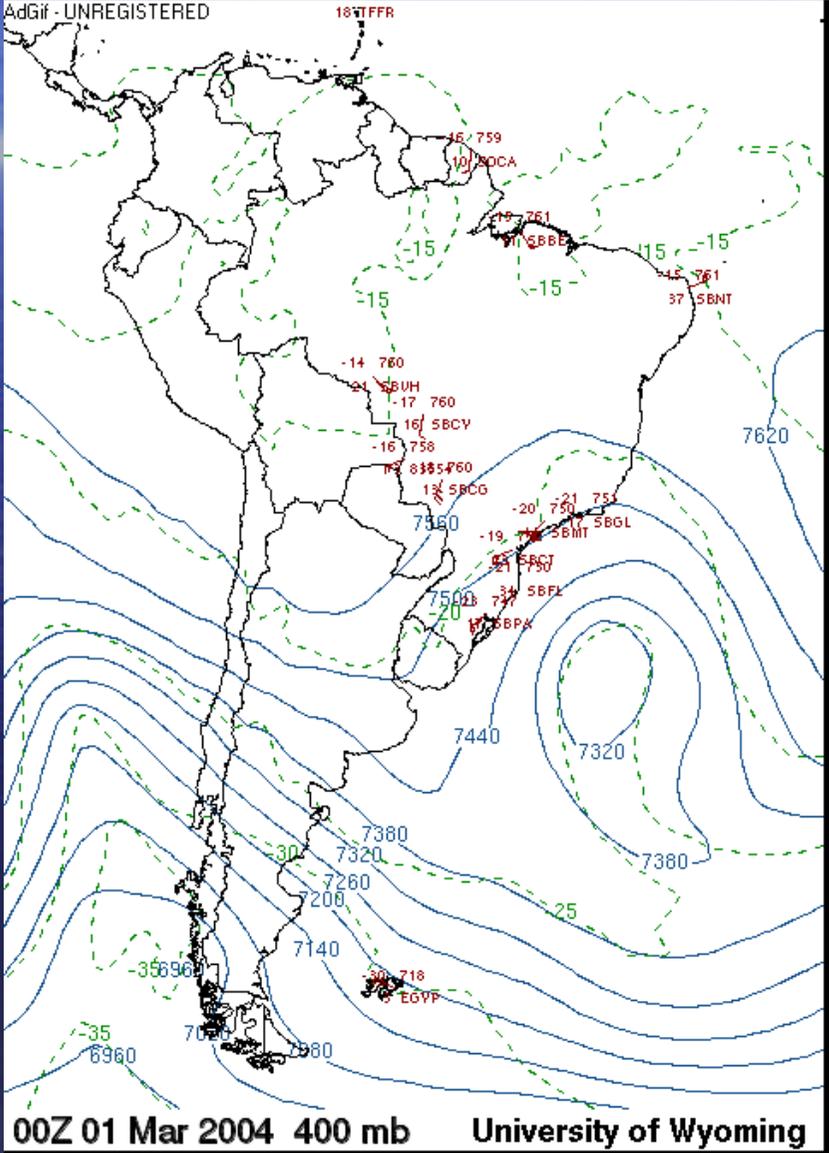
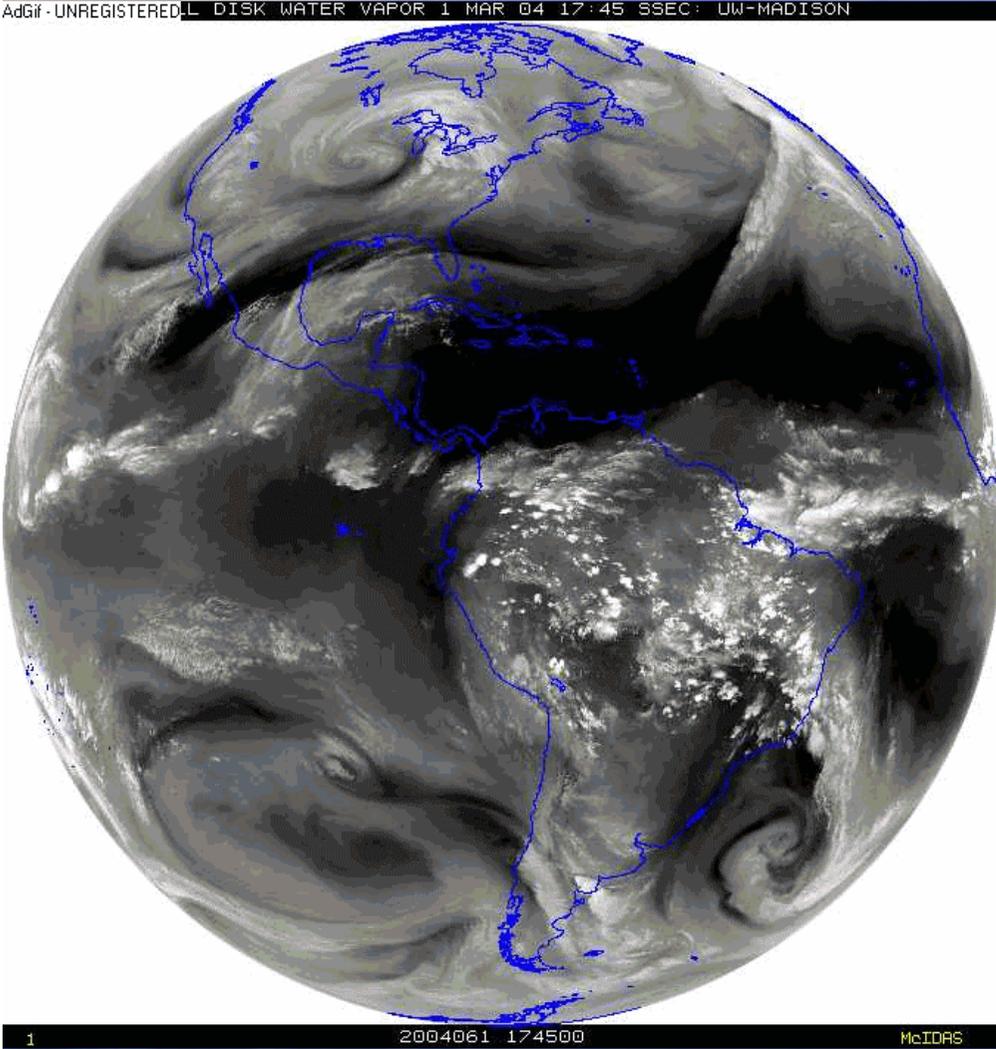
# Discussion de Casos Estudio

**Figura 9.** Secuencia de Imágenes de WV Realzadas  
09 November 2003



<http://www.cira.colostate.edu/ramm/rmsdsol/RMTC.html>

# Discussion de Casos Estudio



# Conclusion

- Los análisis de las imágenes de WV imagery a través de animaciones permiten observar la nubosidad y los patrones de humedad lo que significa una valiosa ayuda para los meteorólogos operacionales.
- La interpretación correcta de la imagen de WV puede constituir una herramienta importante para la prognosis de tiempo severo.
- El uso extensivo de esta método de análisis ayudaría a obtener una mayor información de la imagen de satélite para el pronóstico y validación de los modelos numéricos.
- El análisis de las imágenes de WV constituye sólo una parte de todo el análisis que el pronosticador debe realizar, que debería complementarse con análisis de imágenes infrarroja y visible.

# Recommendation

- Es importante profundizar este estudio con más casos de estudio para todo el año, especialmente en el caso de tiempo severo para tener un mejor entendimiento de los aspectos sinópticos y su relación con el pronóstico del tiempo.
- Para mejorar los pronósticos y tener un mejor entendimiento de los procesos atmosféricos, debería realizarse estudios complementarios a nivel de mesoescala y relacionarlo con esta clase de análisis..
- Es importante contar con mejores herramientas de análisis, como las Interfaces gráficas para el Usuario, que permitan superponer los campos de modelos numéricos con las imágenes de satélite.