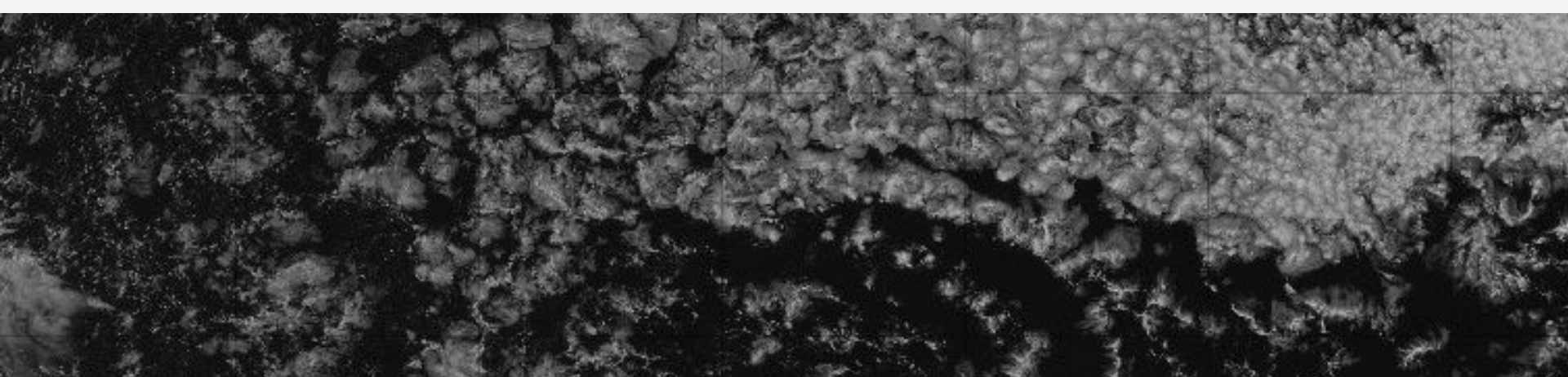


Clasificación satelital de la altura de tope de nubes y su aplicación a la evaluación de predicciones numéricas de nubosidad

Ernesto Marchesoni Seijo

Tutores: Dr. Ing. Rodrigo Alonso Suárez y Dr. Ing. Gabriel Cazes Boezio



CONTENIDOS

- 1. Introducción**
- 2. Descripción del problema**
- 3. Construcción de base de datos**
- 4. Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
- 5. Selección y análisis de eventos**
- 6. Conclusiones y perspectivas**

CONTENIDOS

- 1. Introducción**
- 2. Descripción del problema**
- 3. Construcción de base de datos**
- 4. Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
- 5. Selección y análisis de eventos**
- 6. Conclusiones y perspectivas**

¿Qué importancia tiene la nubosidad y porqué es importante clasificarla?

- Impacta en el balance energético del sistema terrestre,
- Refleja la SWR de origen solar, absorbe y emite LWR de origen terrestre. [1]
- Diferente tipo de nubosidad afecta de forma distinta a la radiación en la atmósfera, influenciando el clima y el tiempo de manera significativa. [2]

¿Existen trabajos en Uruguay relacionados al tipo de nubosidad?

- Porrini (2017)
 - **subestimación general de la nubosidad WRF** frente a observaciones satelitales.
 - en **niveles bajos, subestimaciones del orden de 60-70%.** (MAX)
- Alonso-Suárez (2017)
 - exploración de climatología de **probabilidad de cobertura total y cobertura parcial o total, en base a 17 años de imágenes GOES.**
 - se tienen máximos relativos en NE y E del país.

¿Qué dificultades tiene el pronóstico numérico de nubosidad?

- Los NWP predicen bien la nubosidad asociada a sistemas convectivos de escala sinóptica (Frentes, SCM). Sin embargo, **las nubes bajas son sistemáticamente mal pronosticadas por los modelos NWP.** [3,4,5]
- Los **procesos en PBL son un desafío actual en MNA.** Se parametrizan.
- La elección de esquemas de parametrización PBL adecuados puede mejorar la precisión en la predicción de la altura de la PBL y por esto de la nubosidad. [6]

¿Cómo impacta esto en Uruguay?

- La plataforma de NWP empleada en Uruguay sobrestima ocasional pero frecuente GHI en superficie. **La NWP de radiación solar en Uruguay tiene espacio de mejora.** [7, 8]

¿Cómo clasificar la nubosidad podría ayudar?

- Evaluar desempeño de NWP de nubosidad, según categorización, para obtener desempeños discriminados.
- Generar una climatología de categorías de nubosidad.

¿Qué experiencias de caracterización y clasificación existen?

- Howard (1803): Clasificación clásica, cualitativa. [9]
- Derivada de instrumentos. Detección y caracterización de nubosidad a partir de imágenes satelitales, área de investigación. [10]
- Múltiples trabajos de **caracterización y/o clasificación** de nubosidad **con aprendizaje automático**, a partir de información satelital, **con muy buenos resultados**.

¿Existen experiencias regionales o locales?

- **Brasil: Ceballos y Negri (2022)**. Implementado en principio para imágenes de GOES12 (VIS e IR térmico). Utiliza clustering. Rediseñado para su uso con imágenes GOES16. [11]
- **Argentina: Yuchechen et al., (2020)**. Implementado a partir de imágenes del satélite GOES13 (IR térmico). Utiliza clustering.
- **No existen experiencias locales de clasificación de nubosidad en base a imágenes satelitales.**

- **Objetivo del trabajo**

- **Generar y evaluar** una herramienta que permita **detectar y clasificar** la presencia de **nubosidad a distintas alturas** sobre el territorio de **Uruguay en horas diurnas**.
- Utilizarla para detectar **eventos con presencia de nubosidad con distinta altura** de topes nubosos. **Simular estos eventos utilizando el WRF y analizarlos** dinámica y termodinámicamente.

- **Objetivos específicos**

- Manejo de la información meteorológica satelital.
- Combinar información meteorológica proveniente de distintos satélites.
- Experimentar con el modelo WRF.
- **Desarrollar un clasificador de altura de tope de nubes a partir de imágenes del satélite GOES16, basado en aprendizaje automático.**
- Seleccionar y estudiar casos de nubosidad de interés para el **diagnóstico de herramientas de predicción del recurso solar.**

CONTENIDOS

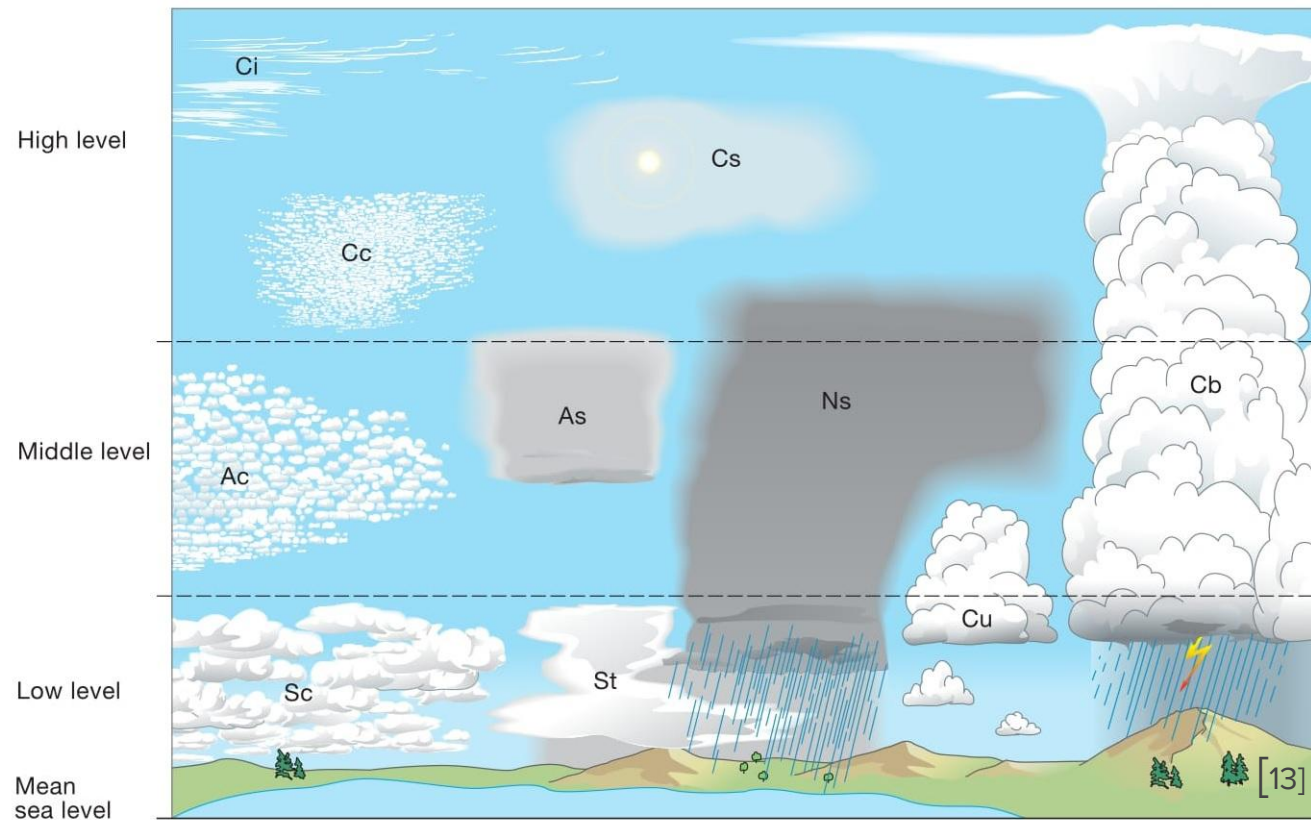
- 1. Introducción**
- 2. Descripción del problema**
- 3. Construcción de base de datos**
- 4. Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
- 5. Selección y análisis de eventos**
- 6. Conclusiones y perspectivas**

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Descripción del problema
3. Construcción de base de datos
4. Clasificación satelital de altura de topes nubosos
5. Selección y análisis de eventos
6. Conclusiones y perspectivas

Clasificación de Howard de la nubosidad

- Basada en la altura y organización. 10 géneros principales.
- En uso, referencia para estimaciones EMs, así como en la descripción meteorológica y climatológica. [12]



¿Qué instrumentos satelitales miden la nubosidad?

- **Sistemas pasivos:** miden la radiación reflejada o emitida por un objeto. Utilizan **radiómetros**, miden radiación en distintos anchos de banda de λ y/o con resolución espectral (**espectroradiómetros**).

Observan la interacción de la nubosidad con la **SWR** y la **LWR**. Aprovechan las porciones del espectro electromagnético del **visible** (0.4 a 0.7 μm), **infrarrojo cercano** y de **onda corta** (0.7 a 3.0 μm), **infrarrojo térmico** (3.0 a 15.0 μm) y de **microondas** (entre 1 mm y 1 m).

- **Sistemas activos:** emiten una señal que interactúa con el objeto y obtiene información a partir de esa interacción.

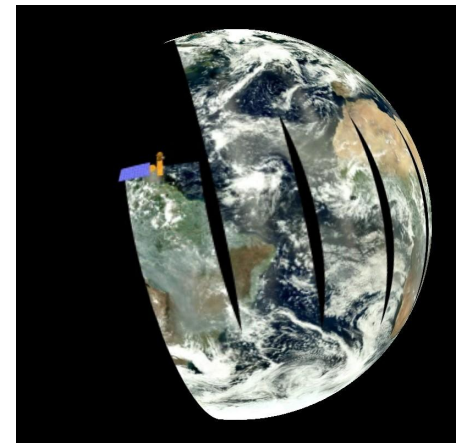
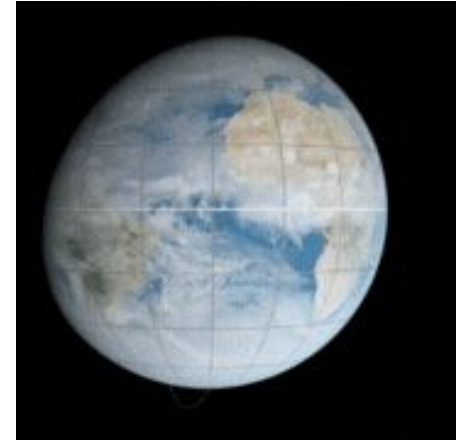
Sistemas **RADAR** o **LIDAR** desplegados en satélites. Sufren la atenuación de la señal luego de observar objetos altamente reflectivos, el fenómeno **clutter** (ecos no deseados) y la dificultad de la **relación señal/ruido** en nubes muy transmisivas (Ci). El diseño y autonomía de estos equipos se ve restringido. [14, 15]

¿Qué técnicas usan los sistemas satelitales pasivos para reconocer nubosidad y determinar su CTH? ¿Qué instrumentos sirven de referencia?

- Las nubes son en general opacas a la LWR y altamente reflectivas de la SWR. Las técnicas satelitales de retrievals aprovechan este comportamiento operando sobre los canales **visible (Reflectividad Planetaria, RP)** e **infrarrojo térmico (Temperaturas de Brillo, TB)**.
- El **reconocimiento de nubosidad se basa en la definición de umbrales** en estos canales. Al ser superados, el píxel es considerado nuboso. Al principio se utilizaban umbrales fijos: **RPO**. Hoy se utilizan umbrales adaptativos que tienen en cuenta la posición del píxel y el momento del año: **RPO(x,y,t)**.
- Existen tres técnicas fundamentales para lograr retrievals de CTH. Estas se combinan entre sí y se aplican de forma sofisticada: **IR-Window**, **CO2-Slicing** y **Split-Window**. Además, **utilizan salidas de NWP y RTM**. [16]

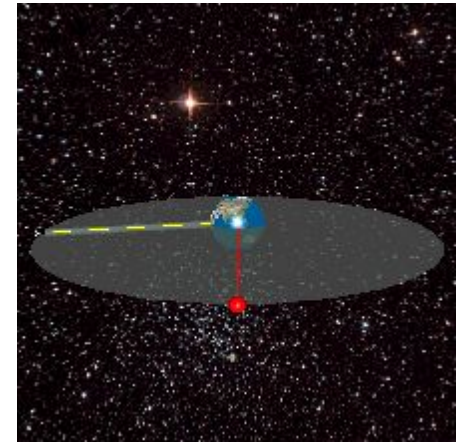
- **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)**

- Desplegado en **satélites heliosincrónicos** TERRA y AQUA. **36 bandas espectrales**. Resolución de **1 km** en **bandas 8 a 36**. Tiempo de revisita de **1 a 2 días**.
- Producto Cloud Top Properties Colección 6 (MOD06, MYD06). Resolución de 1 km. Aprovecha las **bandas 31 (11.03 μm), 33 (13.335 μm), 34 (13.635 μm), 35 (13.935 μm) y 36 (14.235 μm)**.
- Combina **CO2-Slicing** para **nubes medias o altas** e **IR-Window** para la **nubosidad baja**, enfoque de **arriba a abajo (top-down)**. Define **contingencia** para **inversiones térmicas marítimas (no bien resueltas en NWP)** y la aplica en las **nubes más bajas**: un **perfil vertical medio zonal de TB-IR(11.03 μm)** actualizado partir de **observaciones satelitales y NWP**.



- **Advanced Baseline Imager (ABI)**

- Desplegado en **satélites geoestacionarios GOES (GOES16, 75° W)**. **16 canales**. Resolución de **500 m (canal 2)** y **2 km en canales 6 a 16**. **Observación continua**.
- ABI Cloud Products. CTP, CTT y CTH son **derivados utilizando el algoritmo ACHA**. Resolución máxima de **10 km (FD)**. Utiliza los **canales 14 (11.21 μm)**, **15 (12.29 μm)** y **16 (13.28 μm)**.
- Combina las técnicas **CO2-Slicing** y **Split-Window**, en un proceso de **estimación óptima 1DVAR** iterativo limitado a no más de 10 iteraciones.



CONTENIDOS

1. **Introducción**
2. **Descripción del problema**
3. **Construcción de base de datos**
4. **Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
5. **Selección y análisis de eventos**
6. **Conclusiones y perspectivas**

CONTENIDOS

1. **Introducción**
2. **Descripción del problema**
3. **Construcción de base de datos**
4. **Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
5. **Selección y análisis de eventos**
6. **Conclusiones y perspectivas**

¿Por qué construir una base de datos?

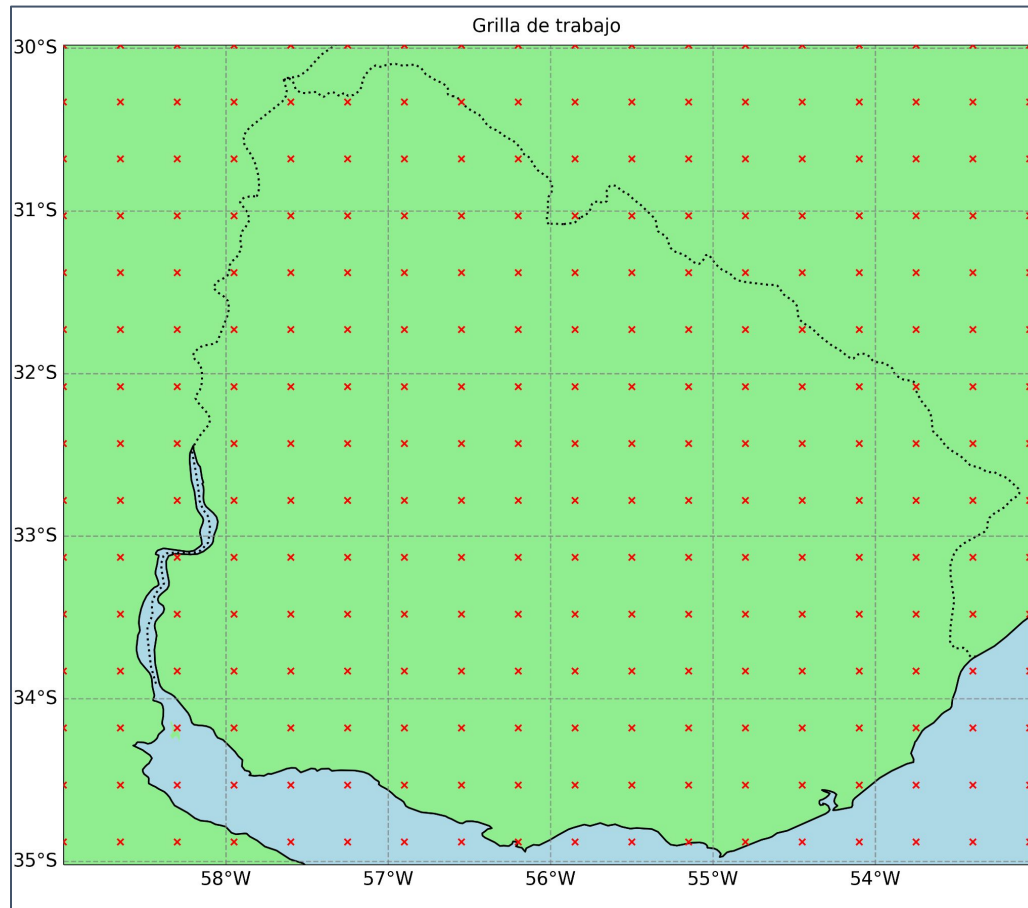
- El desarrollo de **clasificadores basados en algoritmos de aprendizaje automático** implica la consolidación de una **base de datos correctamente etiquetada**, que permita el **entrenamiento y validación**.

¿Qué variables se incluyeron?

- Las **características primarias** son las **imágenes multiespectrales** generadas por **ABI-GOES16**.
- Las **características secundarias** son calculadas a partir de las **características primarias**. En forma exploratoria se incluyeron características astronómicas: **coseno del ángulo cenital (CZ)** y **ángulo horario solar normalizado ($\cos(\theta)$)**.
- Se utiliza el producto **CTH MODIS** como **verdad de referencia (ground truth)** y el producto **CTH ABI** como **base de desempeño**.

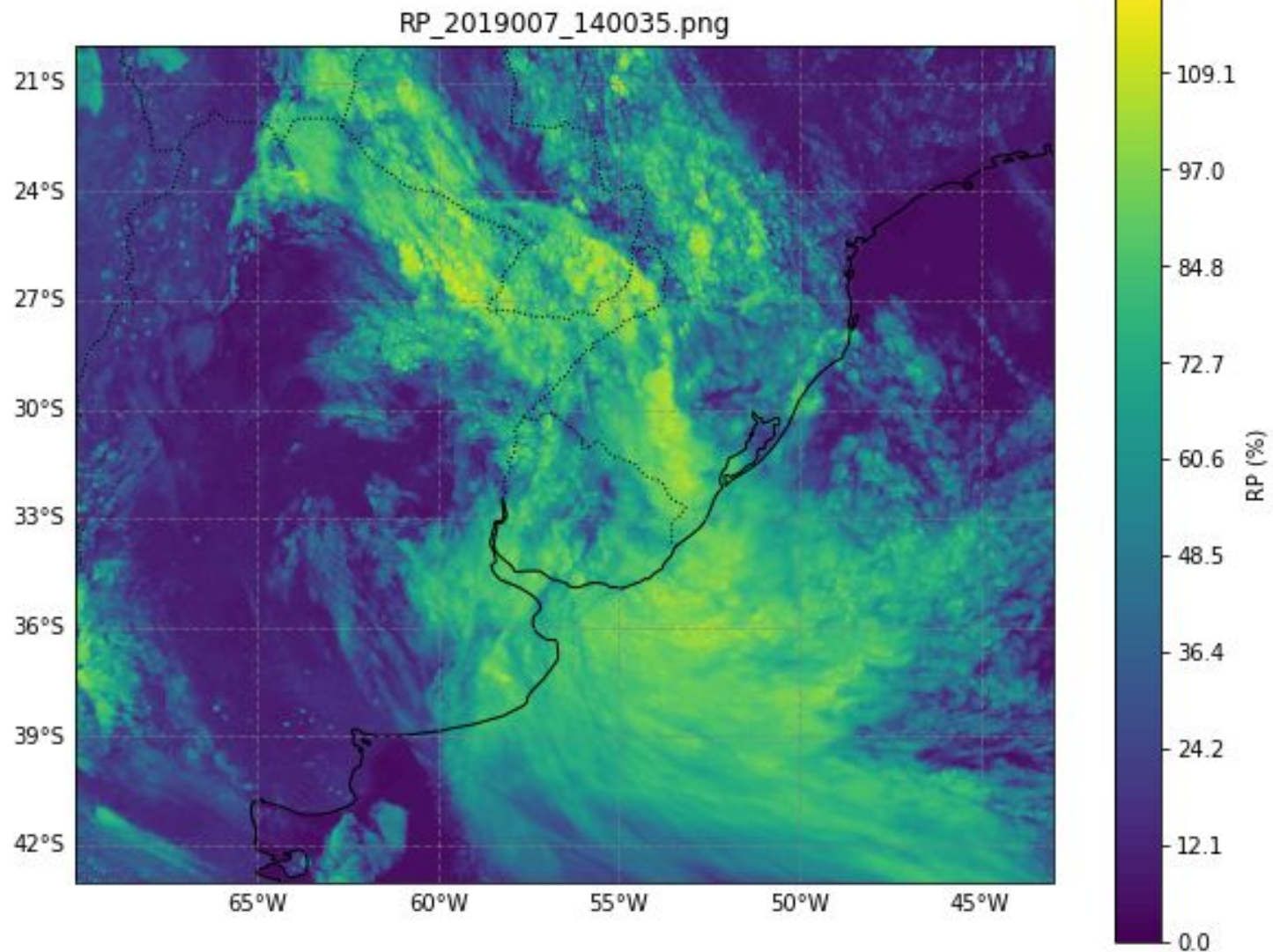
¿Cuál es el área de interés?

- **Ajustada al territorio continental uruguayo.** Grilla de trabajo con espaciado de **0.035°**, por ser la resolución común a los canales ABI considerados. **145 lats x 171 lons.**

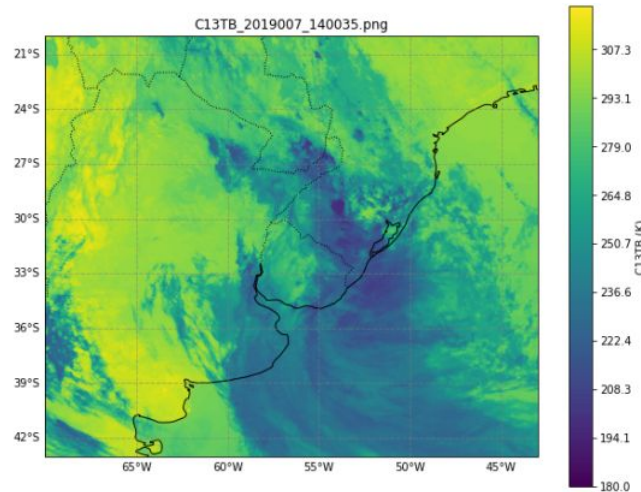


Área de Interés	
lat máx	-35.02°
lat min	-29.92°
lon máx	-59.00°
lon min	-53.05°

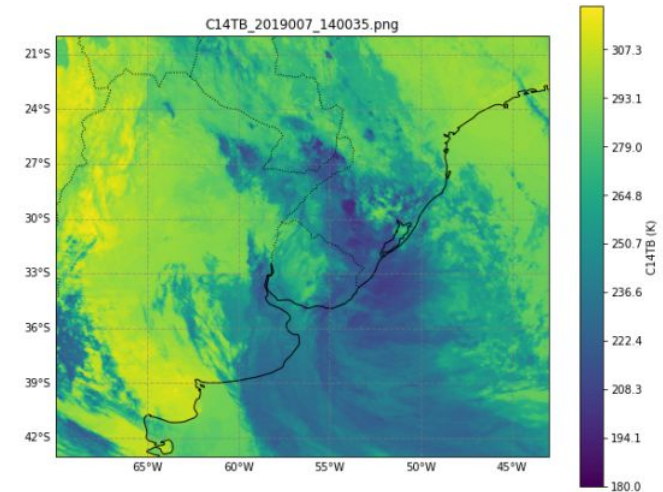
Característica primaria C02RP



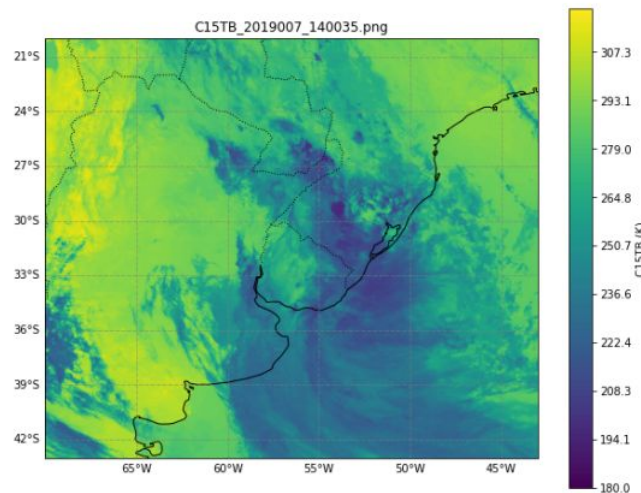
Características primarias infrarrojas: C13TB, C14TB, C15TB, C16TB



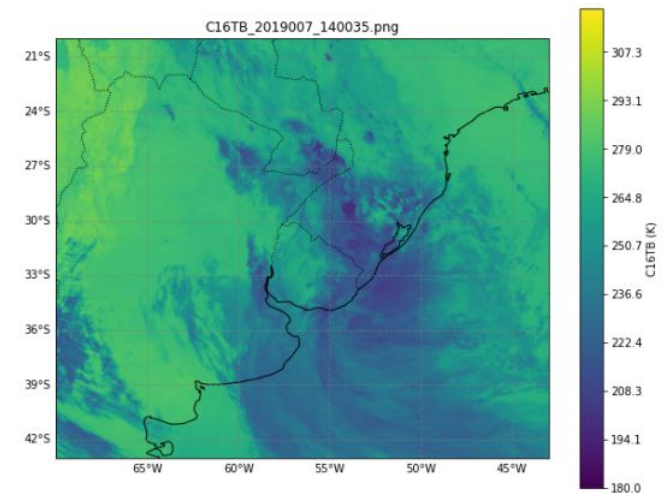
(b) Imagen C13-TB.



(c) Imagen C14-TB.



(d) Imagen C15-TB.



(e) Imagen C16-TB.

Características secundarias

- **Movimiento horizontal**

Flujo óptico calculado según Aicardi et al. (2022), con parámetros ajustados localmente. Magnitud vectorial.

- **Promedios espaciales**

Promedios en ventanas de 11 x 11 píxeles (1936 km²), asignado a píxel central.

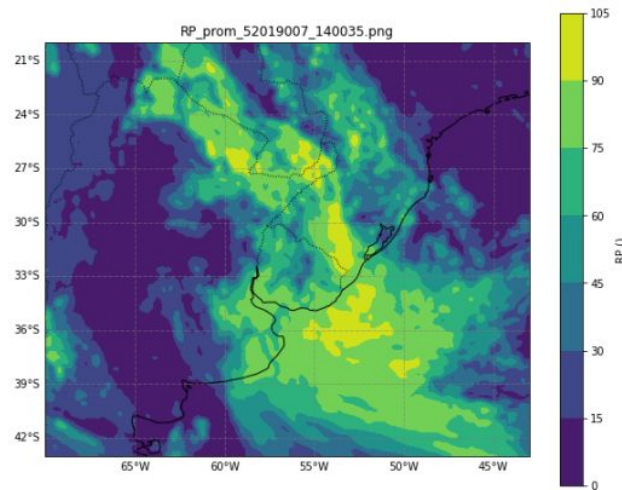
- **Variabilidad espacial**

Desviación estándar en ventanas de 11 x 11 píxeles, asignado a píxel central.

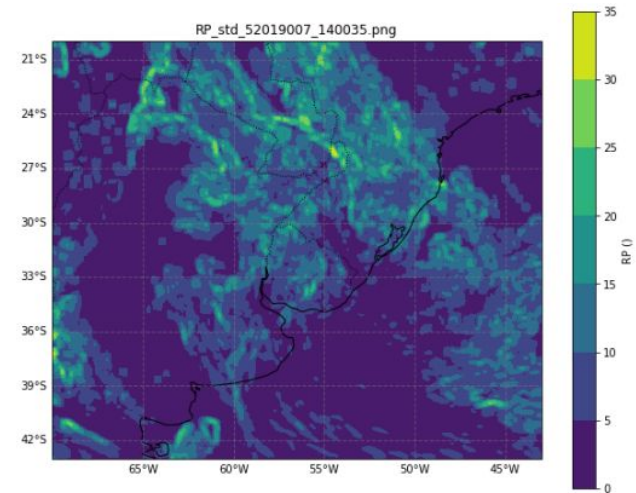
- **Gradientes**

Módulo del gradiente calculado a partir de derivadas parciales en latitud y longitud, por diferencias centradas.

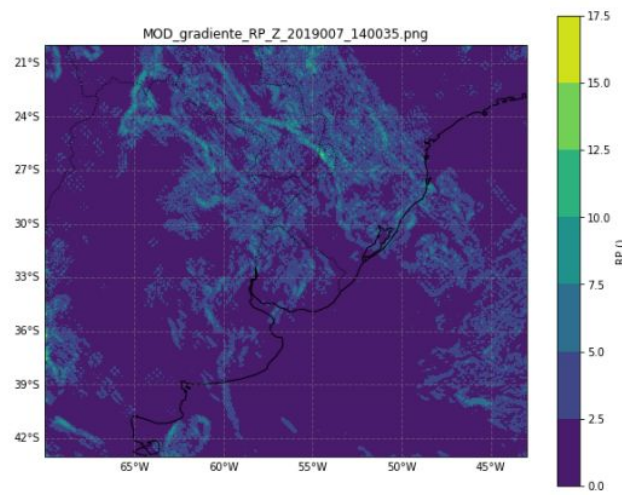
Característica secundarias



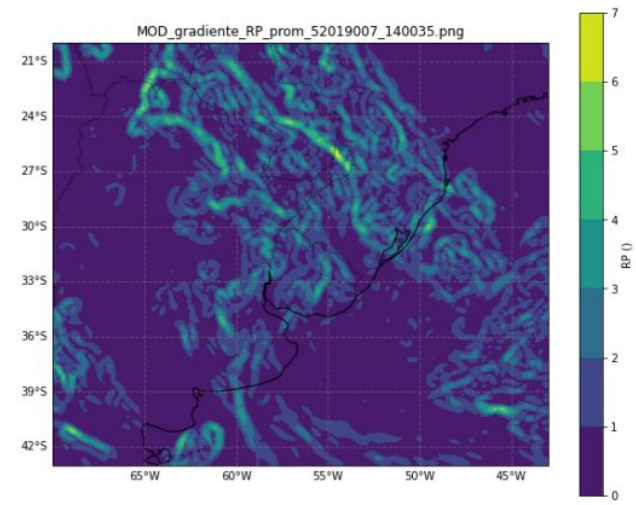
(a) AvgC02RP



(b) StdC02RP



(c) GradC02RP

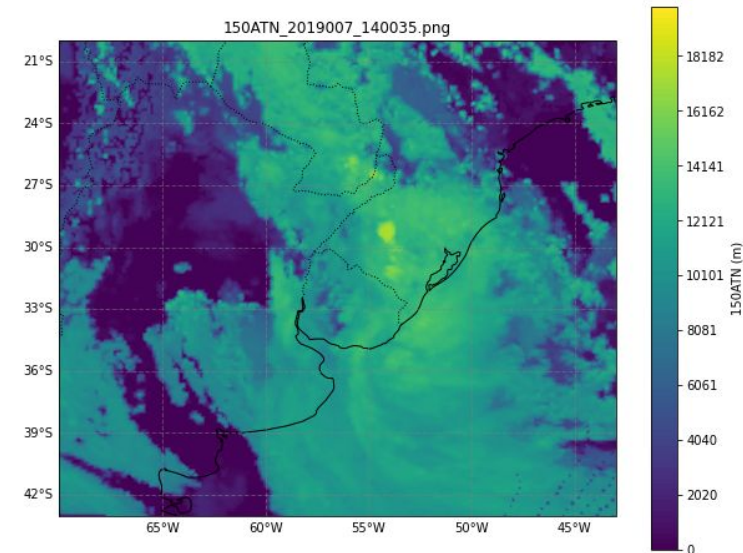
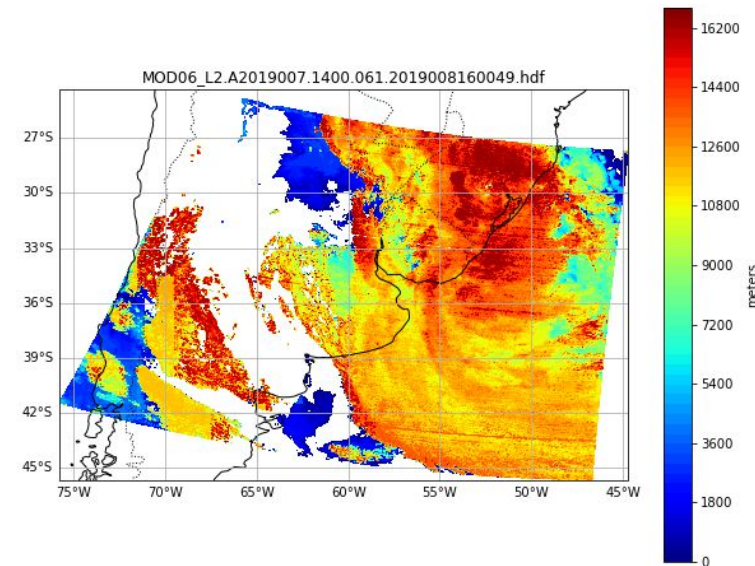


(d) GradAvgC02RP

Productos CTH

- **CTH MODIS**
Producto MOD06L2. Resolución espacial 1 km. 1 o 2 imágenes por día.
- **CTH ABI**
Producto ABI-L2-ACHA. Resolución de 0.150° (~18 km). 144 imágenes por día.
- **Concurrencia espacio - temporal**
 - llevar a grilla de trabajo: 0.035°
 - CTH MODIS: bajo resolución a 4 km (submuestreo) y elijo más cercano.
 - CTH ABI: interpolación.
 - sincronía temporal: img ABI con etiqueta temporal inmediata anterior a img MODIS
 - img MODIS debe cubrir totalmente grilla de trabajo.

Entre 1/11/2019 y 31/12/2020:
125 instantes cumplen



Asignación de categorías

- Detección de nubosidad

El píxel es considerado nuboso si:

$$\begin{cases} RP \geq 1.4 \cdot RP0 \\ CTH \text{ ABI} \geq 500 \text{ m} \\ CTH \text{ MODIS} \geq 500 \text{ m} \end{cases}$$

- Asignación de categorías nubosas

Categoría	Descripción
0 - Sin nubosidad	El píxel no supera en, por lo menos, un 40 % al RP0 característico o la altitud del tope es menor a 500 metros, tanto en CTH ABI como CTH MODIS.
1 - Nubes Bajas	Valores CTH MODIS mayores a 500 metros, y menores a 2000 metros.
2 - Nubes Medias	Valores CTH MODIS mayores a 2000 metros, y menores a 6000 metros.
3 - Nubes Altas	Valores CTH MODIS mayores a 6000 metros, sin límite superior.

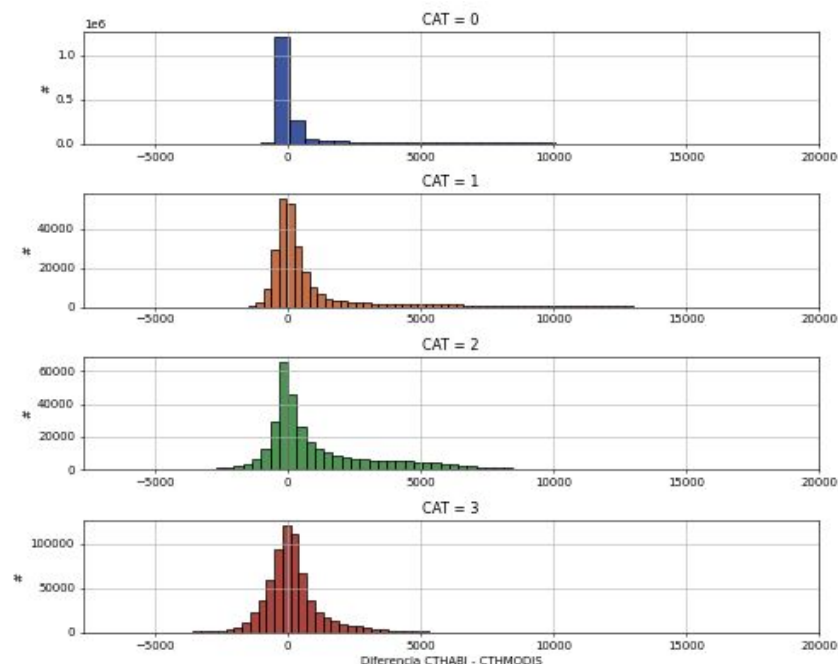
Tabla 3.7: Criterio para el etiquetado de categorías nubosas considerado en este trabajo

En resumen

- **23 características** descriptoras de cada píxel, además de los valores CTH ABI y CTH MODIS y categorizaciones derivadas de estos.
- **125 escenas** en el periodo entre 1/11/2019 y 31/12/2020.
- 24795 píxeles por escena: **3099375 píxeles categorizados**.
 - **59.7%** categoría 0, **8.2%** categoría 1, **10.4%** categoría 2, **21.7%** categoría 3.

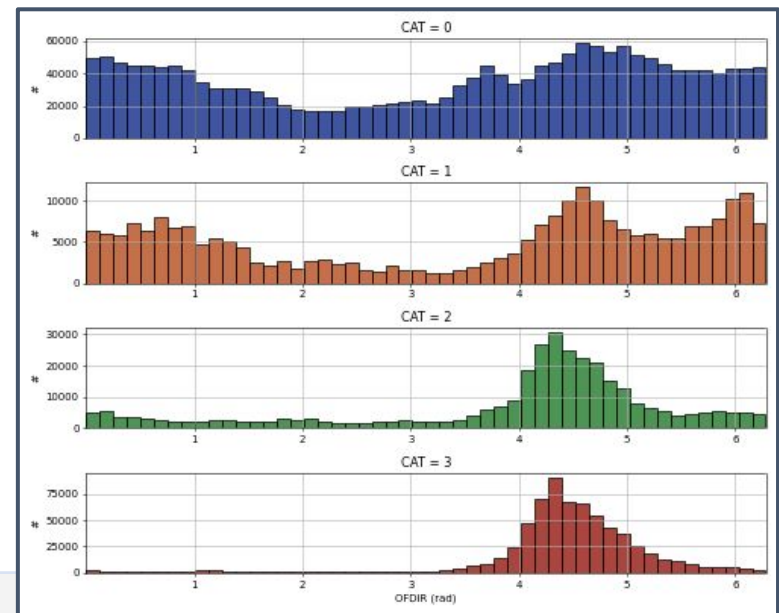
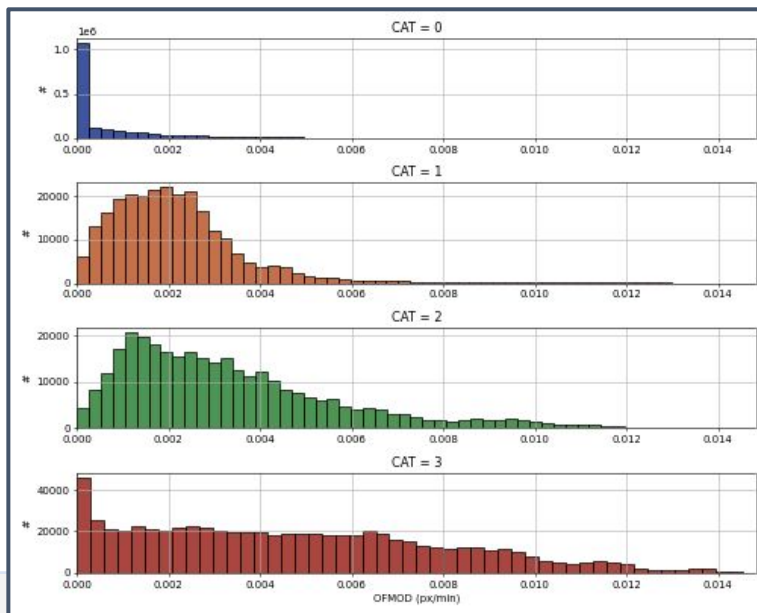
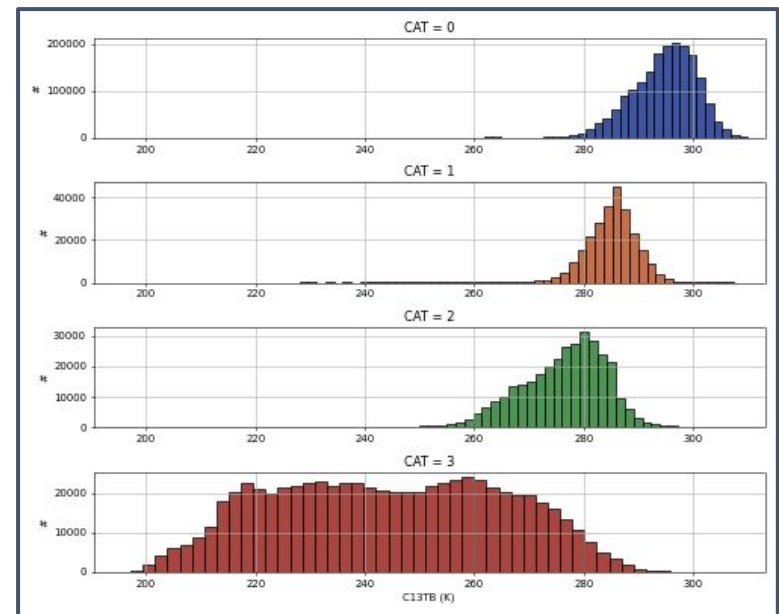
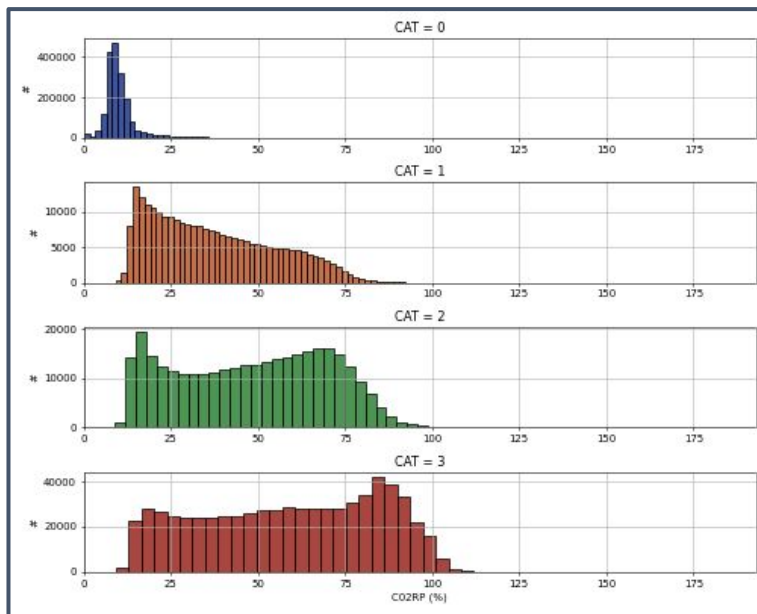
Comparación CTH ABI vs CTH MODIS

- El comportamiento de CTH ABI vs CTH MODIS se ajusta a A.K. Heidinger et al. (2010). Diferencias mayores a lo reportado en A.K. Heidinger et al. (2020).
- En general, CTH MODIS ubica los topos nubosos en niveles más bajos.



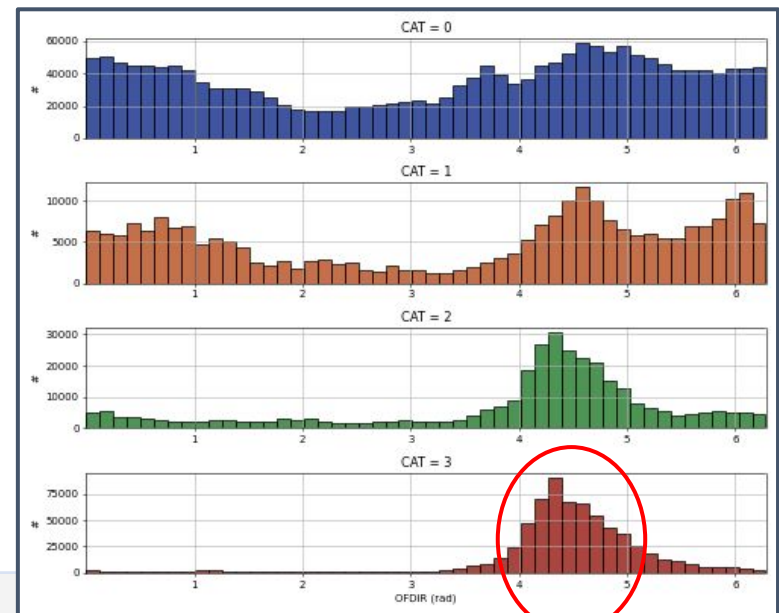
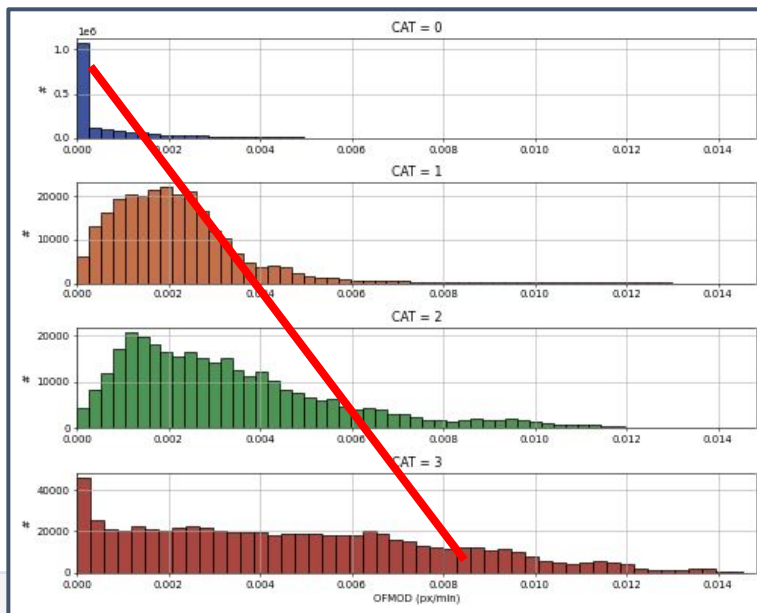
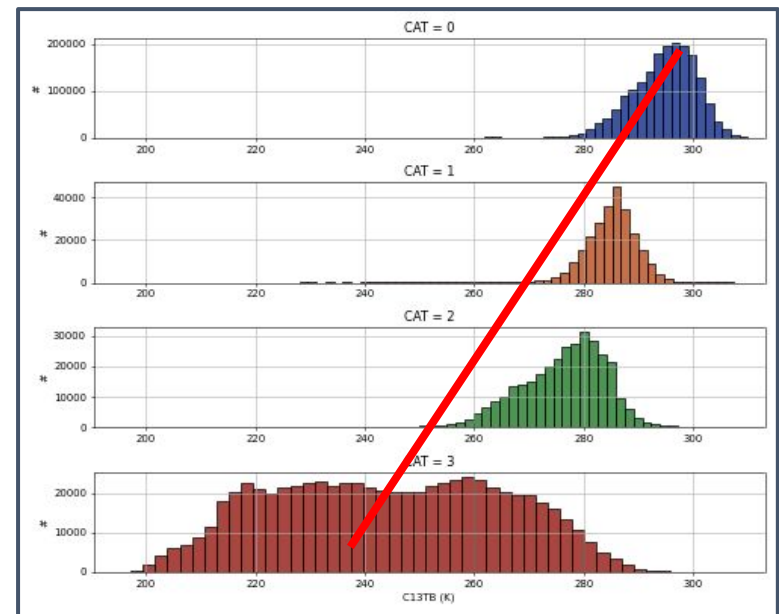
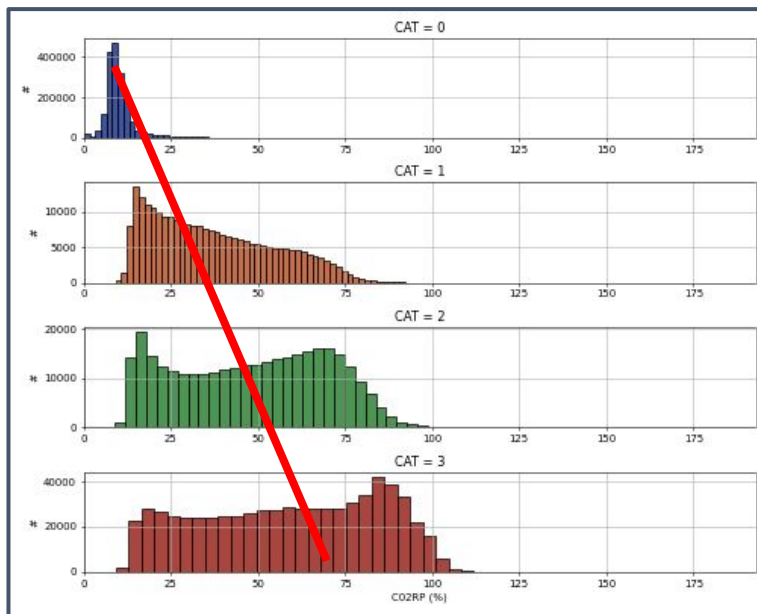
3. Construcción de base de datos

Resumen y exploración de BD



3. Construcción de base de datos

Resumen y exploración de BD



CONTENIDOS

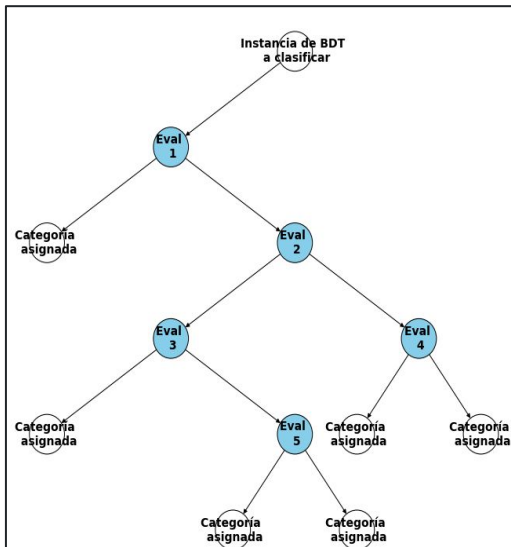
1. **Introducción**
2. **Descripción del problema**
3. **Construcción de base de datos**
4. **Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
5. **Selección y análisis de eventos**
6. **Conclusiones y perspectivas**

CONTENIDOS

1. **Introducción**
2. **Descripción del problema**
3. **Construcción de base de datos**
4. **Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
5. **Selección y análisis de eventos**
6. **Conclusiones y perspectivas**

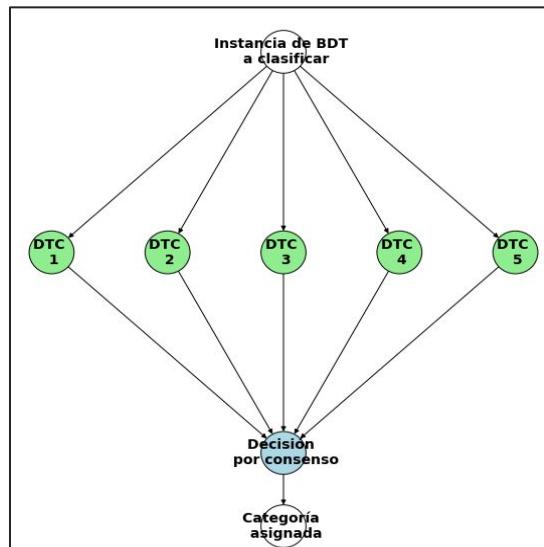
¿Qué técnicas de aprendizaje automático se utilizaron?

- 3 algoritmos: Árbol de Decisión (DTC), Bosque Aleatorio (RNDF) y Red Neuronal Multicapa (MLP).



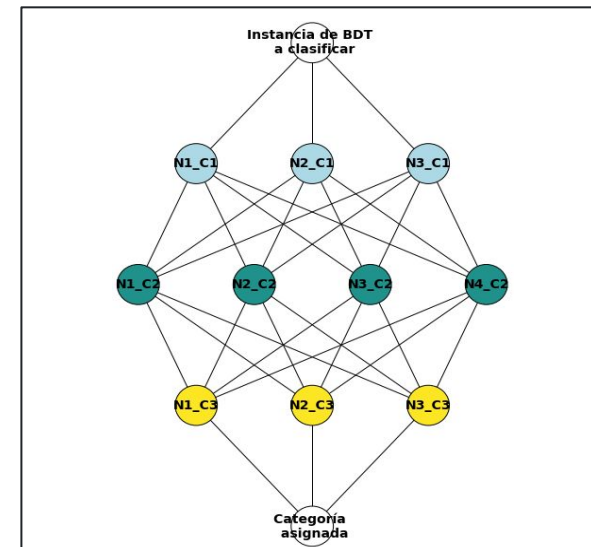
DTC

- ramas: decisiones.
- hojas: clasificación.
- criterio: índice de Gini.
- limitado para prevenir complejidad y así sobreajuste. [17]



RNDF

- 305 DTC.
- Decisión por consenso.
- Buena generalización. [18]



MLP

- 3 capas (15,10,5 neuronas).
- máx iteraciones: 400.
- Captura y aprende patrones complejos en los datos. [19]

¿Cómo se evalúa el desempeño de un clasificador basado en AA?

- La base de datos se divide en **conjuntos de entrenamiento y validación**.
- Se aplicó una **validación cruzada con 100 particiones aleatorias 90/10**.
 - **112 imágenes para entrenamiento, 13 para validación.**
 - En cada iteración se calculan métricas de desempeño que luego son promediadas para obtener el desempeño final.

¿Qué métricas de desempeño se utilizaron?

- El resultado de la clasificación se resume en la **Matriz de Confusión**.
- Se calculan métricas usuales: Exactitud, Precisión, Recall, Especificidad, F1 Score. Como BD tiene **clases desbalanceadas**, métricas ponderadas: **Exactitud Balanceada, Precisión Ponderada, Recall Ponderado, Especificidad Ponderada y F1 Score Ponderado**.

	Predicción A	Predicción B	Predicción C
Real A	AP_A	$EP_{A,B}$	$EP_{A,C}$
Real B	$EP_{B,A}$	AP_B	$EP_{B,C}$
Real C	$EP_{C,A}$	$EP_{C,B}$	AP_C

- AP_i son los aciertos de predicción para la categoría i .
- $EP_{i,j}$ representa los errores por predecir la categoría i como categoría j .

Definición de métricas utilizadas

$$\text{Exactitud} = \frac{AP_A + AP_B + AP_C}{\text{Total de instancias}}$$

$$\text{Precisión}_i = \frac{AP_i}{AP_i + EP_{j,i} + EP_{k,i}}$$

$$\text{Recall}_i = \frac{AP_i}{AP_i + EP_{i,j} + EP_{i,k}}$$

$$\text{Especificidad}_i = \frac{TN_i}{TN_i + FP_i}$$

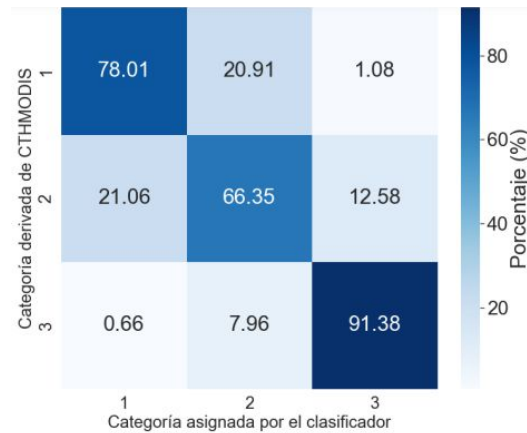
$$\text{F1 Score}_i = 2 \times \frac{\text{Precisión}_i \times \text{Recall}_i}{\text{Precisión}_i + \text{Recall}_i}$$

$$\text{Exactitud Balanceada} = \frac{\text{Recall}_A + \text{Recall}_B + \text{Recall}_C}{3}$$

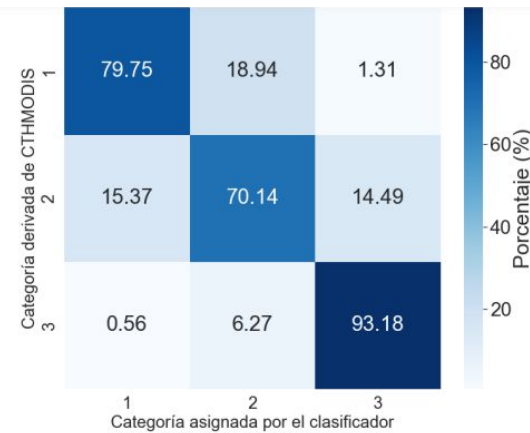
$$\text{Precisión Ponderada} = \frac{N_A \cdot \text{Precisión}_A + N_B \cdot \text{Precisión}_B + N_C \cdot \text{Precisión}_C}{N_A + N_B + N_C}$$

- Qué tan bien resulta la clasificación. Métrica global.
- Útil cuando costo de FPs alto.
- Útil cuando costo de FNs alto.
- Útil cuando preciso identificar correctamente instancias negativas.
- Útil si preciso equilibrio entre precisión y recall.

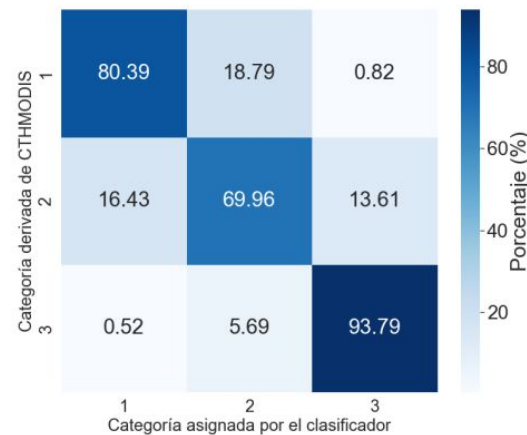
Desempeño de la clasificación: matrices de confusión normalizadas



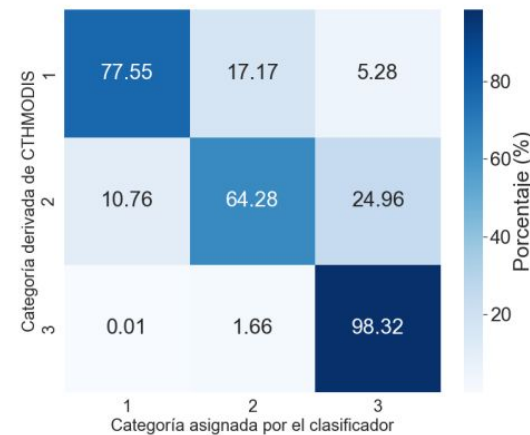
(a) Matriz de confusión para DTC



(b) Matriz de confusión para MLP



(c) Matriz de confusión para RNDF



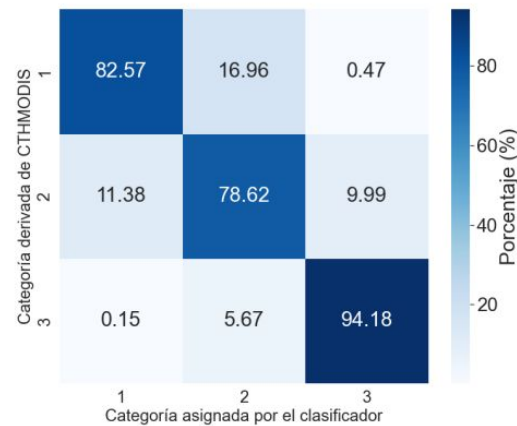
(d) Matriz de confusión para CTH ABI

Desempeño de la clasificación: métricas

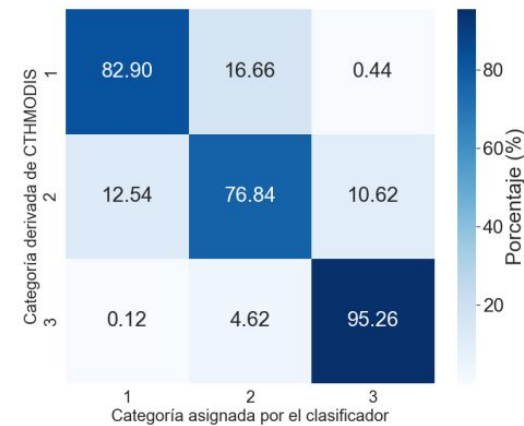
CLF	Exactitud	Exactitud Balanceada	Precisión Ponderada	Recall Ponderado	F1 Score Ponderado	Especificidad Ponderada
DTC	82.5%	78.2%	83.3%	82.5%	82.6%	77.5%
MLP	84.9%	80.8%	85.3%	84.9%	84.9%	80.2%
RNDF	85.2%	80.9%	85.5%	85.2%	85.2%	80.4%
CTH ABI	85.7%	78.9%	85.4%	85.7%	85.1%	78.1%

- Todos los clasificadores superan a la base de desempeño en las categorías 1 y 2.
- RNDF supera a clasificación CTH ABI en 4 de las 5 métricas ponderadas consideradas.
- RNDF y MLP logran una mejor Exact. y Especif. Balanceada que CTH ABI.
- Dado este buen desempeño, se decidió explorar estas técnicas como herramientas de post proceso del producto CTH ABI. Para esto, las alturas CTH ABI pasaron a ser consideradas como una nueva característica de entrada.

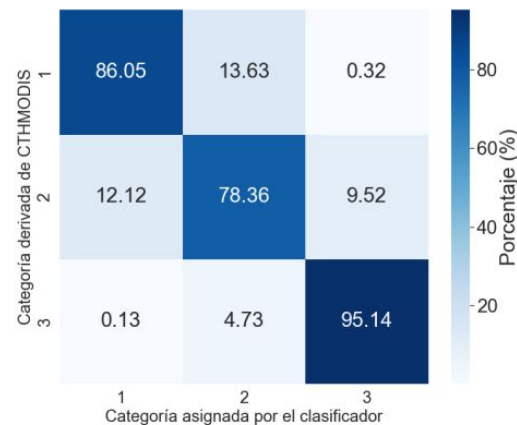
Desempeño de la clasificación incluyendo CTH ABI: MCs



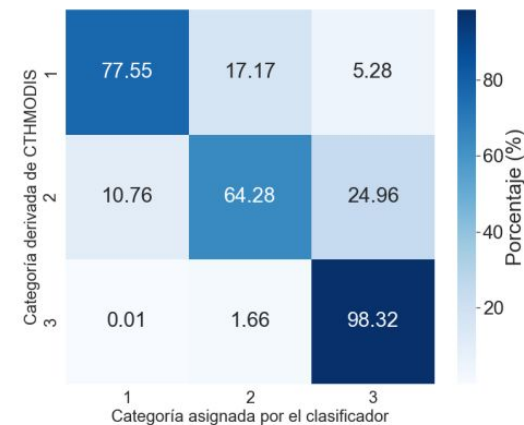
(a) Matriz de confusión para CTH-DTC



(b) Matriz de confusión para CTH-MLP



(c) Matriz de confusión para CTH-RNDF



(d) Matriz de confusión para el CTH ABI

Desempeño de la clasificación incluyendo CTH ABI, métricas

CLF	Exactitud	Exactitud Balanceada	Precisión Ponderada	Recall Ponderado	F1 Score Ponderado	Especificidad Ponderada
CTH-DTC	87.9%	84.4%	88.4%	87.9%	88.0%	84.1%
CTH-MLP	88.3%	84.6%	88.6%	88.3%	88.3%	84.2%
CTH-RNDF	89.1%	85.9%	89.3%	89.1%	89.1%	85.5%
CTH ABI	85.7%	78.9%	85.4%	85.7%	85.1%	78.1%

- Todos los clasificadores superan a la base de desempeño en todas las métricas ponderadas. Además, mejoran su desempeño respecto al enfoque inicial. CTH-ABI aporta valor a la clasificación.
- MCs más simétricas, minimizan falsos positivos en categorías no contigua $EP_{1,3}$.
- CTH-RNDF es el mejor clasificador evaluado en este trabajo.

CONTENIDOS

1. Introducción
2. Descripción del problema
3. Construcción de base de datos
4. Clasificación satelital de altura de topes nubosos
5. Selección y análisis de eventos
6. Conclusiones y perspectivas

CONTENIDOS

1. **Introducción**
2. **Descripción del problema**
3. **Construcción de base de datos**
4. **Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
5. **Selección y análisis de eventos**
6. **Conclusiones y perspectivas**

¿Cómo se seleccionaron eventos para simular en WRF?

- Utilizando **CTH-RNDF** (mejor clasificador) se construyó un **índice de fracción de categoría nubosa** (fr_{cat}) sobre el territorio de interés.
- Se aplicó el clasificador en el **periodo 1/11/2019 a 29/2/2020** y se encontró el máximo valor diario de fr_{cat} , para cada categoría. Luego **se reservaron los 10 días que tengan los 10 mayores valores de fr_{cat} en cada categoría.**

$$fr_{cat_i} = \frac{pxs_{cat_i}}{pxs_{tot}} \quad \text{donde } i = 0, 1, 2, 3$$

- Se seleccionaron **2 días de nubosidad de categoría 1 dominante**, por su efecto radiativo importante y la dificultad comprobada en predecirlas con NWP. También **se eligieron 2 días con nubosidad de categoría 3 dominante** por ser la categoría nubosa más frecuente en la BD.
- Se priorizaron categorías 1 y 3, **no se consideró la categoría 2.**

Configuración de modelo WRF

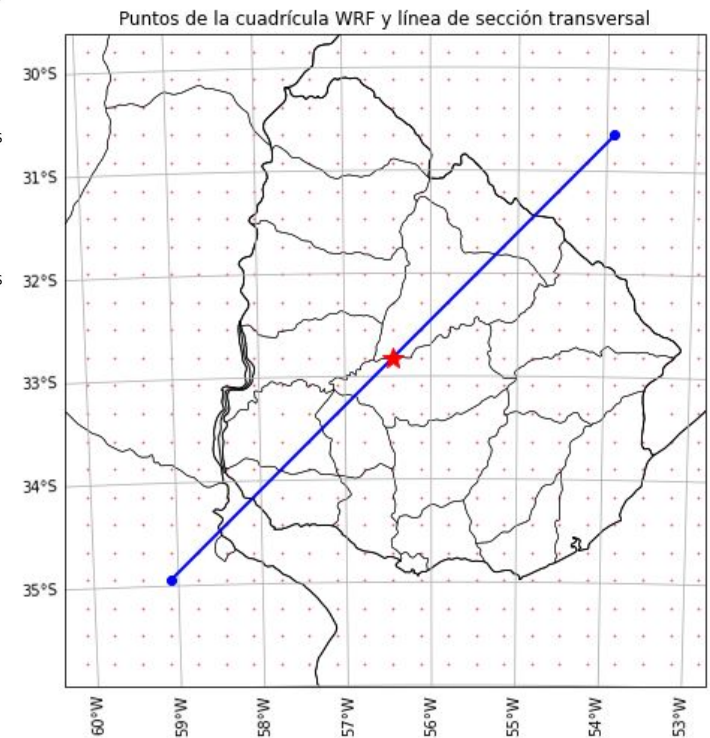
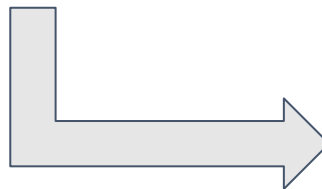
- WRF **v4.1.2** , resolución horizontal de **30 km**, **33 niveles verticales** en coordenada eta. El dominio (**101 x 110 puntos de grilla**) cubre una extensión en latitud de 3030 km x 3330 km en longitud. El modelo se ejecutó en su **versión no hidrostática**. **GFS** para condiciones de borde e iniciales.

Parámetro	Valor	Descripción
SW Radiation (ra_sw_physics)	1	Dudhia scheme
LW Radiation (ra_lw_physics)	1	RRTM scheme
Microphysics (mp_physics)	2	Purdue Lin scheme
Convección (cu_physics)	1	Kain-Fritsch (new Eta) scheme
Capa Límite (bl_pbl_physics)	2	YSU (Yonsei University) scheme
Surface Layer Physics (sf_sfclay_physics)	2	Eta similarity

Tabla 5.2: Parametrizaciones de interés definidas en la configuración del modelo WRF para la simulación de los casos seleccionados.

- Campos **v200**, **Z200**, **v850** y **Z850** para descripción de circulación. Se definió un **perfil transversal** al área de interés para evaluar nubosidad (**qcloud**) y un punto central de la recta transversal para evaluar **perfiles verticales** de Θ , **HR** y **PBLTOP**, además del diagrama **skewT-Lp** para evaluación de potencial de inestabilidad. También se eligió el campo **CLDFRA** en sus tres categorías.

Configuración de modelo WRF



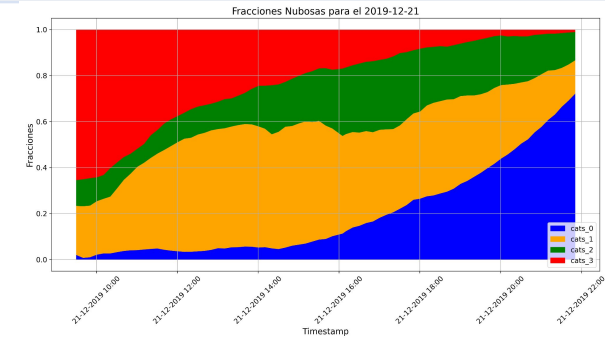
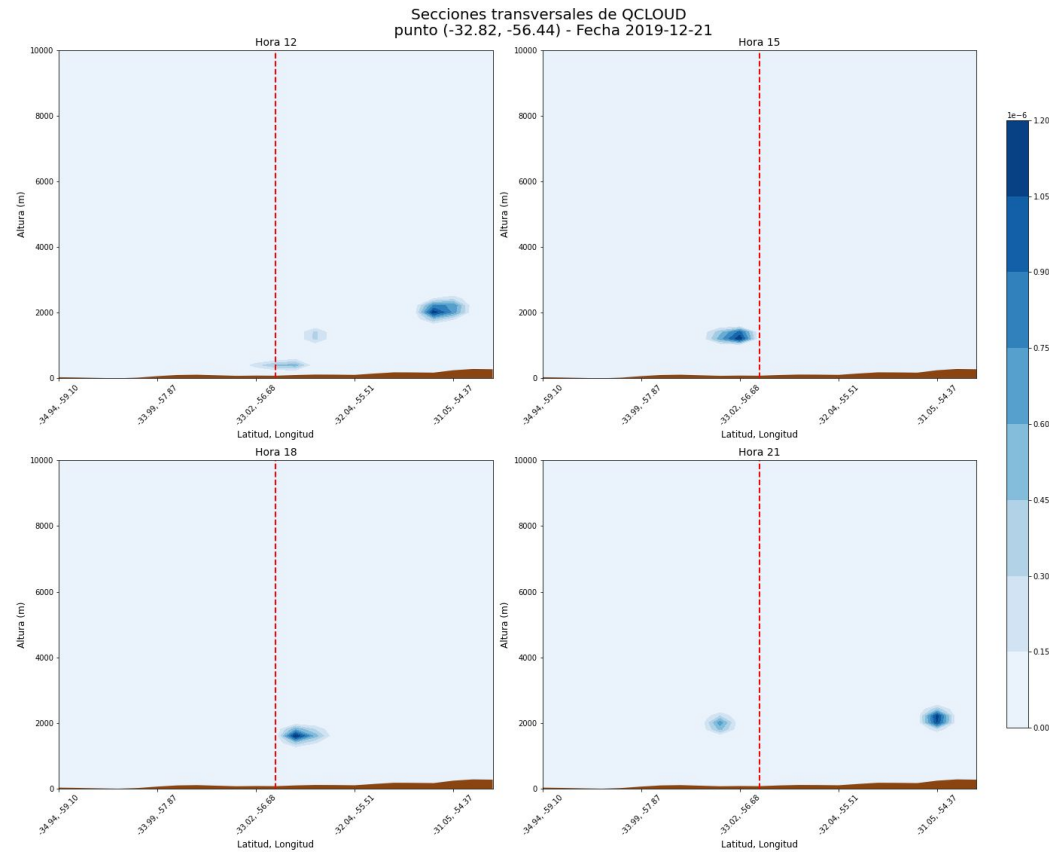
Comentarios generales sobre las salidas

- 3 de 4 eventos son bien representados. Solo uno de los eventos de nubosidad categoría 1 no logra ser bien representado.

Fecha	$\max(fr_{cat})$	Categoría nubosa	Patrón sinóptico
21/12/2019	0.53	1	Ciclogénesis
7/1/2020	0.78	1	Post frente frío
4/11/2019	1.00	2	CCBN activa
17/2/2020	1.00	2	CCBN activa

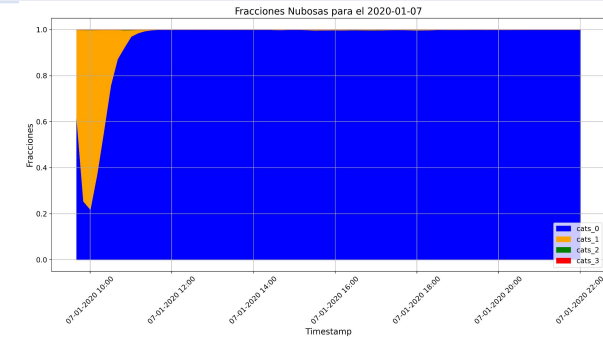
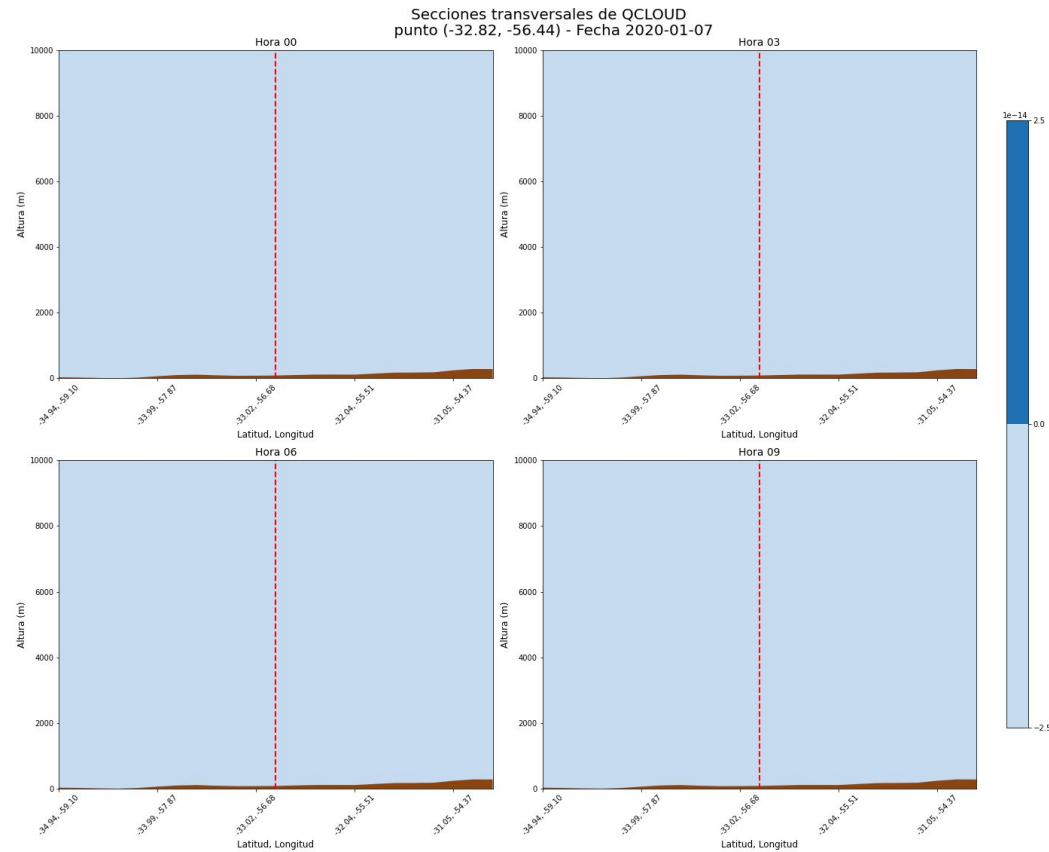
- El caso mal representado encuadra en la hipótesis de Porrini (2017): subestimación del pronóstico de HR en niveles próximos a PBLTOP. Es posible que WRF represente un exceso de difusión de humedad en PBLTOP y no se logre representar el LCL en niveles inferiores a PBLTOP, dificultando la generación de stratocúmulus (Sc) en la simulación.

Comentarios generales: 21/12/2019



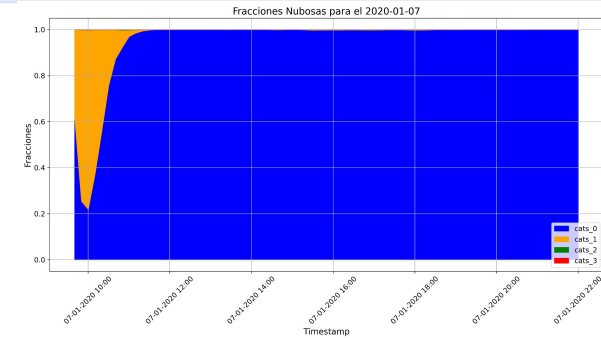
Qcloud en sección transversal, horas de la tarde, muestra nubes categoría 1.

Comentarios Generales: 7/1/2020

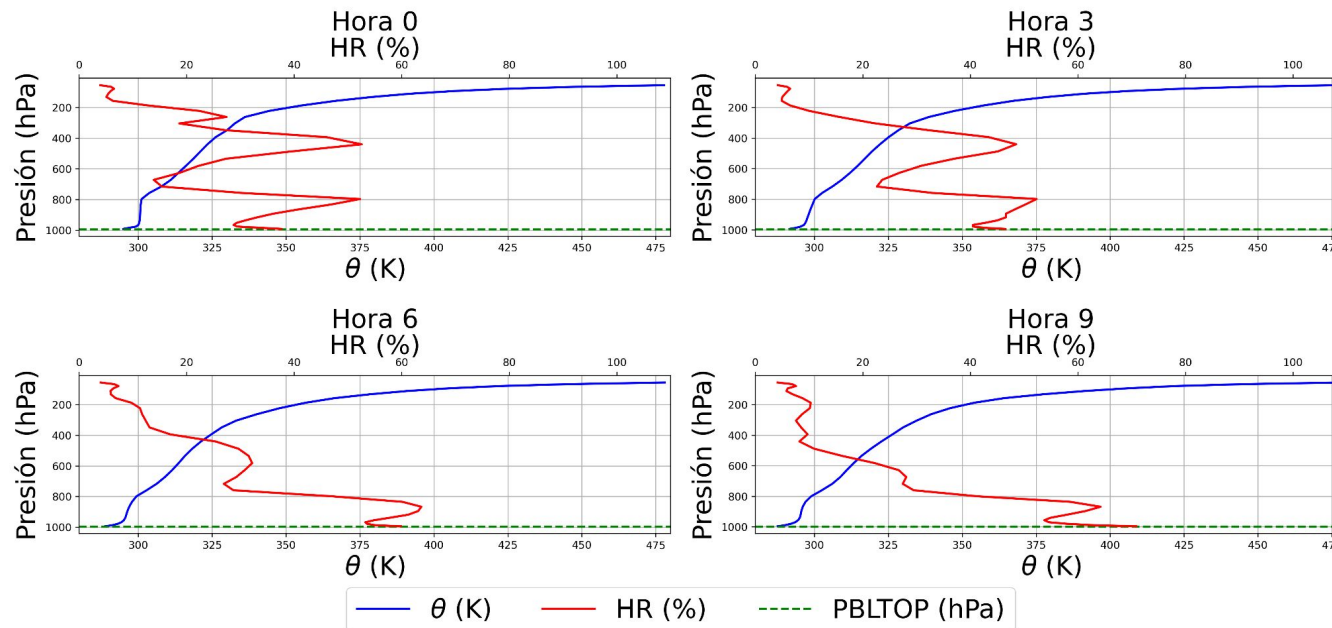


Qcloud en sección transversal, horas de la mañana, no muestra nubosidad.

Comentarios Generales: 7/1/2020

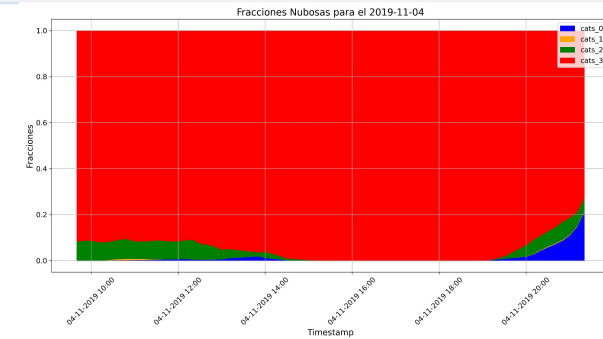
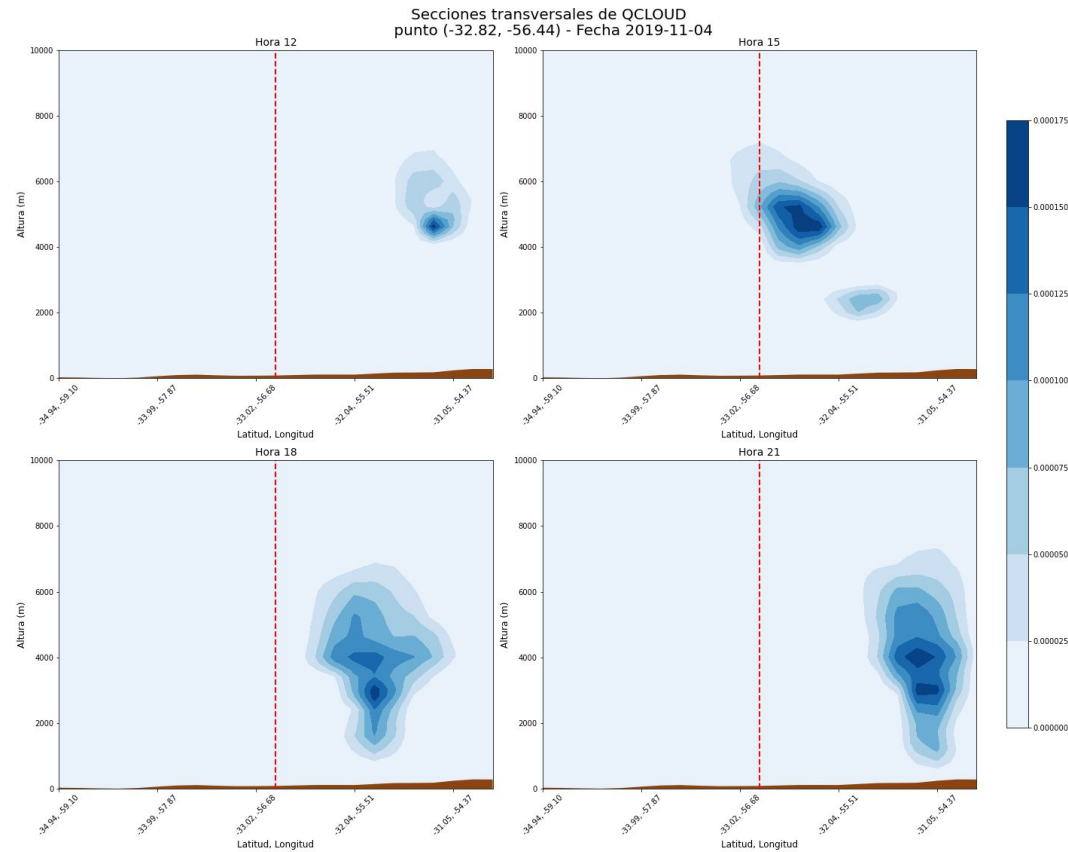


Perfiles Verticales para el 07-01-2020 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



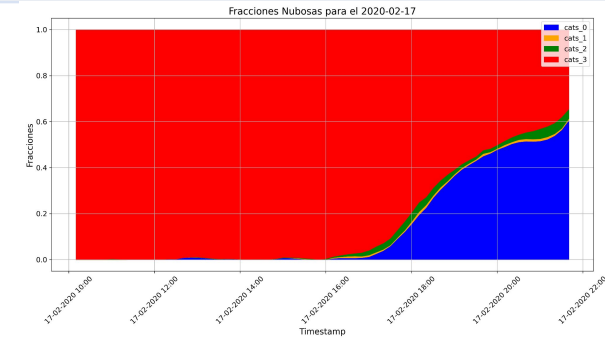
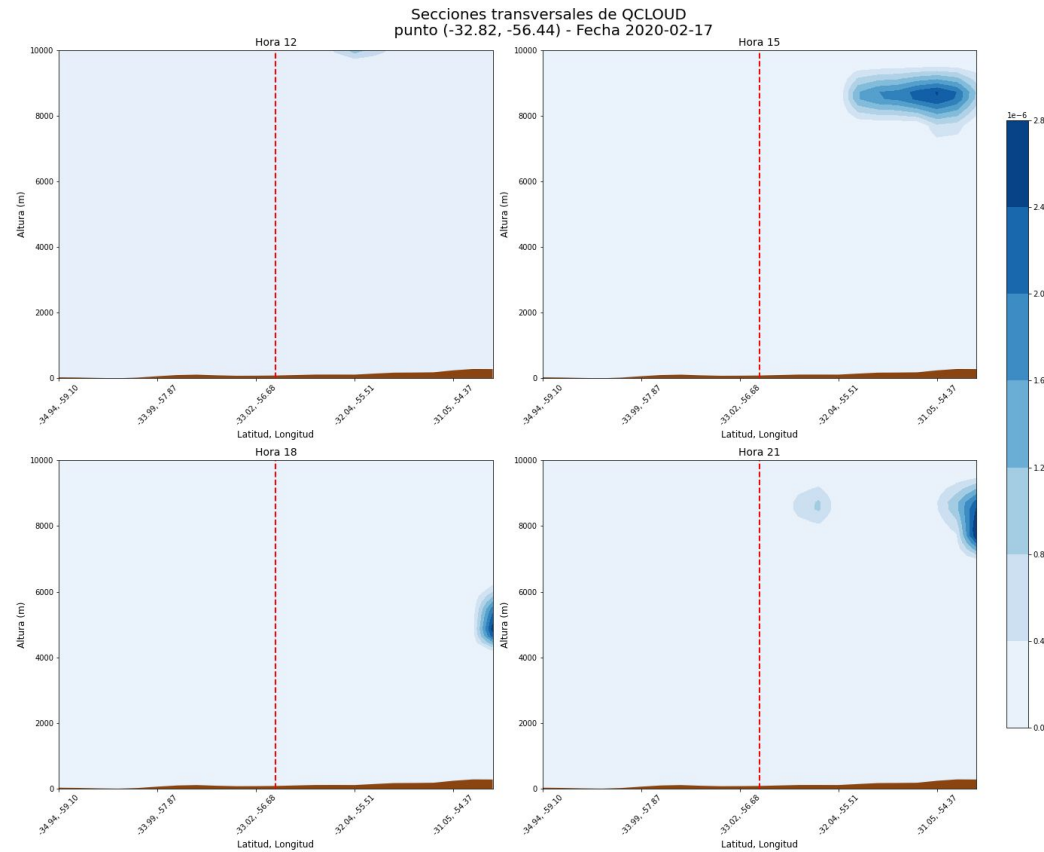
Perfil muy estable.
Bajos %HR.

Comentarios Generales: 4/11/2019



Qcloud en sección transversal, horas de la tarde muestra nubes categoría 3 .

Comentarios Generales: 17/02/2020



Qcloud en sección transversal, horas de la tarde, muestra nubes categoría 3 .

CONTENIDOS

1. **Introducción**
2. **Descripción del problema**
3. **Construcción de base de datos**
4. **Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
5. **Selección y análisis de eventos**
6. **Conclusiones y perspectivas**

CONTENIDOS

1. **Introducción**
2. **Descripción del problema**
3. **Construcción de base de datos**
4. **Clasificación satelital de altura de topes nubosos**
5. **Selección y análisis de eventos**
6. **Conclusiones y perspectivas**

Principales resultados

- Se evaluó clasificación derivada de producto CTH ABI localmente respecto a CTH MODIS. **Muy buena tasa de acierto para categoría 3: 98.3%, pero en categorías 1 y 2 se tiene 77.6% y 64.3%.**
- **DTC, MLP y RNDF** mostraron desempeños similares o superiores (RNDF) a clasificación derivada de CTH ABI. **Los clasificadores desarrollados superan en las categorías 1 y 2 a la clasificación derivada de CTH ABI.**
- El enfoque de postproceso logró para todos los clasificadores métricas ponderadas mejores que CTH-ABI. En particular, CTH-RNDF es el mejor clasificador desarrollado. Exact. Balanceada: **CTH-RNDF = 86% vs CTH-ABI 79%.** (7% $\sim$ 1736 px $\sim$ 27770 km² $\sim$ 2 veces superficie de Salto).
- Se utilizó el mejor clasificador desarrollado para **seleccionar 4 eventos de nubosidad dominante de las categorías 1 y 3.** Estos eventos fueron simulados con el WRF.

Principales resultados

- En general **3 de los 4 eventos fueron bien representados**. El evento del **7/1/2020 (categoría 1)** no logra ser bien representado. Se plantea cómo hipótesis que existe un exceso de difusión de humedad en el PBLTOP, no logrando representar LCL dentro de PBL, imposibilitando Sc. No se pueden descartar problemas con **CB y CI de GFS** en humedad o **entrainment simulado mayor al real**, evitando condensación en PBLTOP.

Perspectivas

- Integrar medidas de ceilómetro de Aeropuerto de Carrasco a la base de datos.
- Evaluar oportunidades de mejora del producto: optimización de procesos de entrenamiento, ampliar y mejorar BD, incorporar nuevas características o contingencias derivadas de la física del problema.
- Calcular la climatología de nubosidad estimada satelitalmente, aprovechando archivo LES (24 años de imgs satelitales).

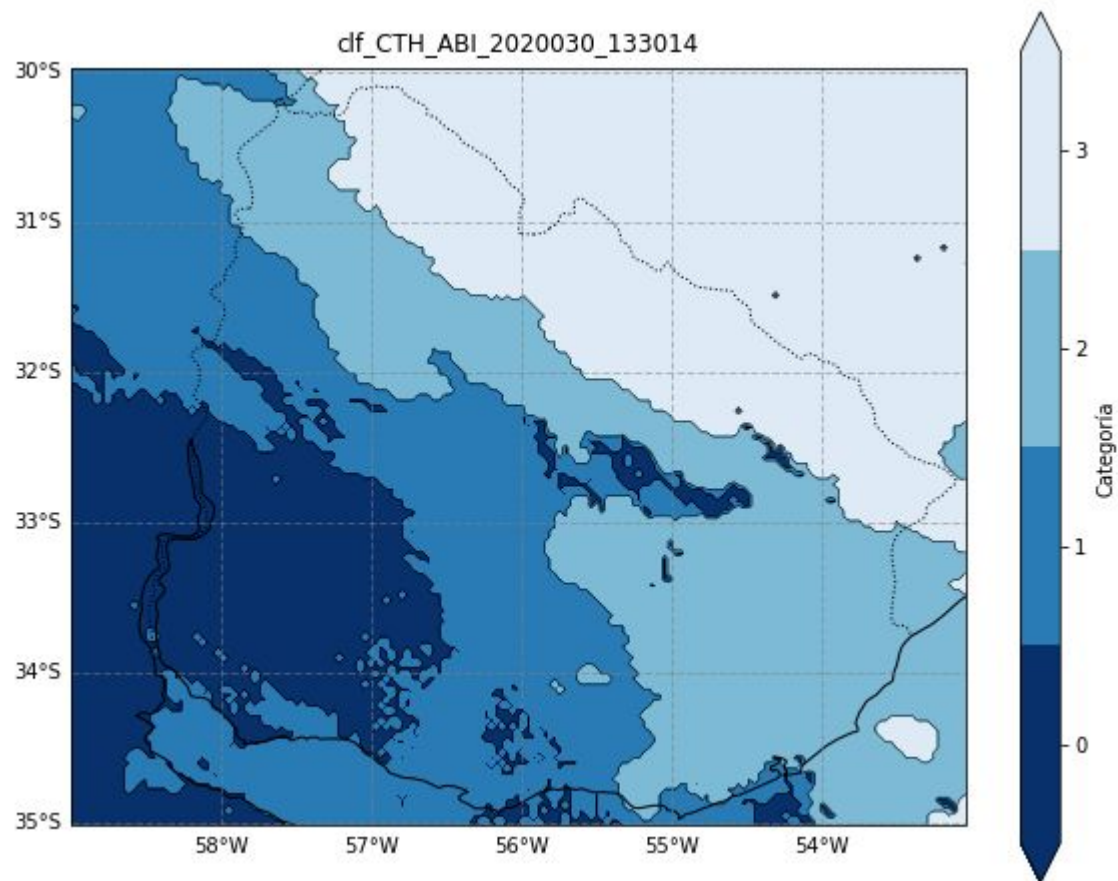
Clasificación satelital de la altura de tope de nubes y su aplicación a la evaluación de predicciones numéricas de nubosidad

Ernesto Marchesoni Seijo

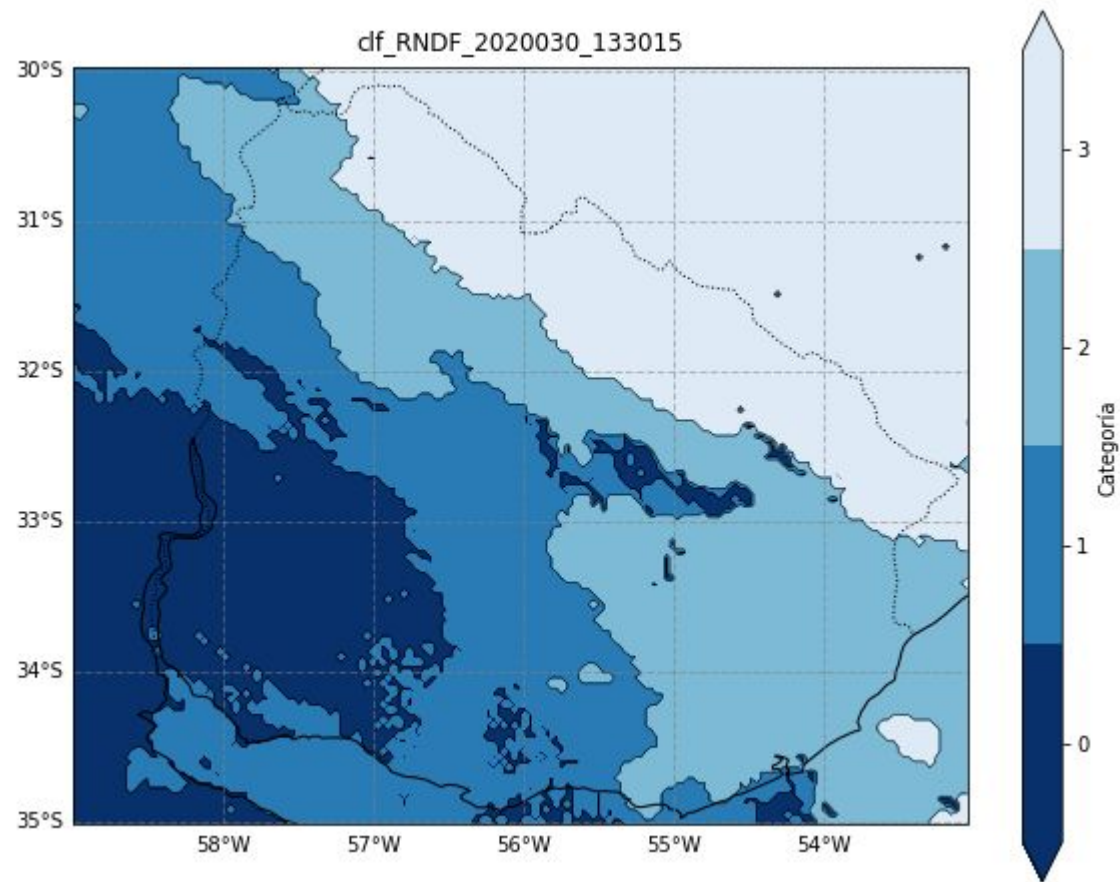
Tutores: Dr. Ing. Rodrigo Alonso Suárez y Dr. Ing. Gabriel Cazes Boezio

¡MUCHAS GRACIAS!

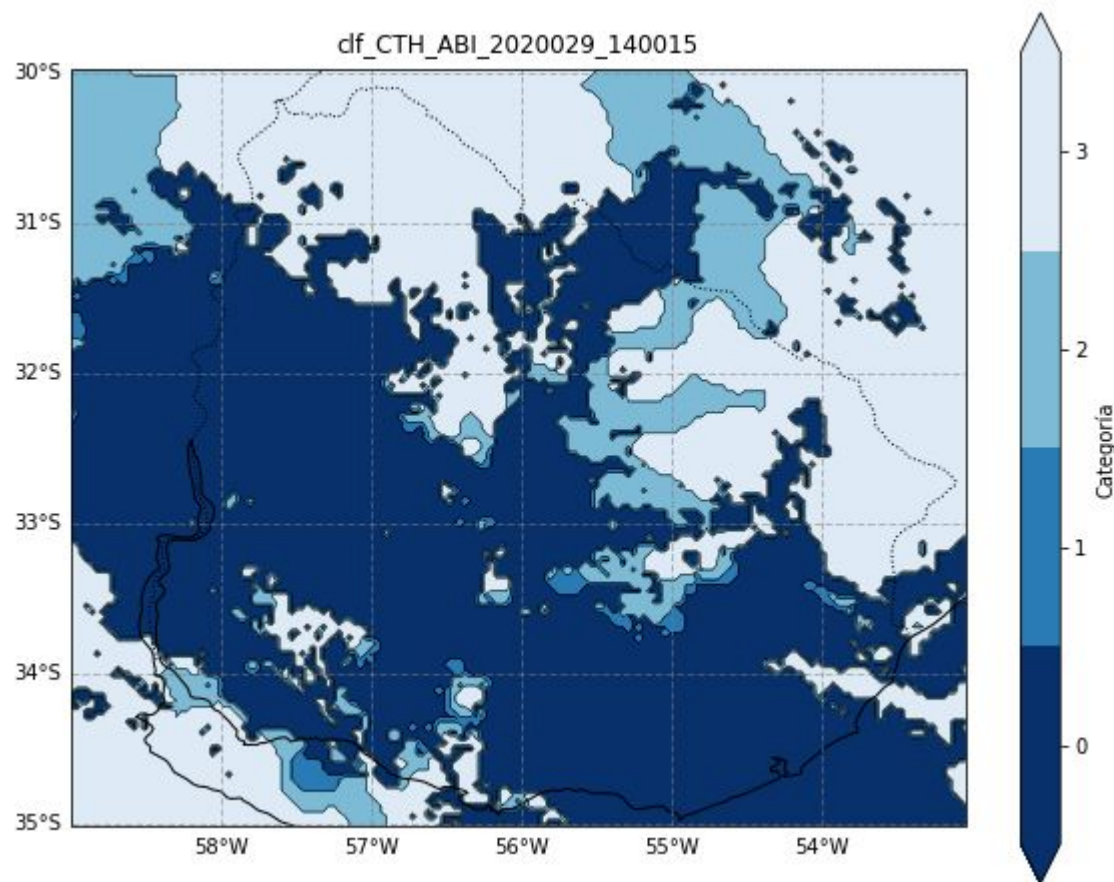
Ejemplo de clasificación: 30/1/2020, 13:30 hs UTC



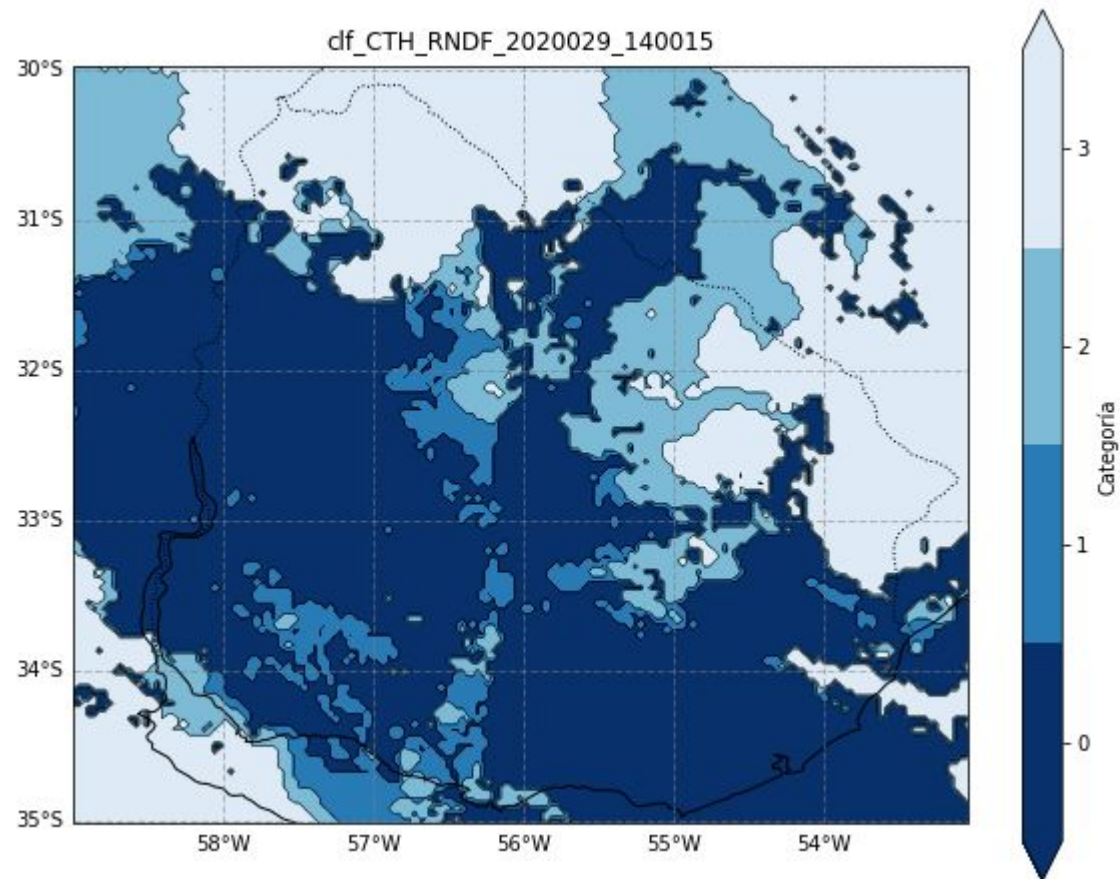
Ejemplo de clasificación: 30/1/2020, 13:30 hs UTC



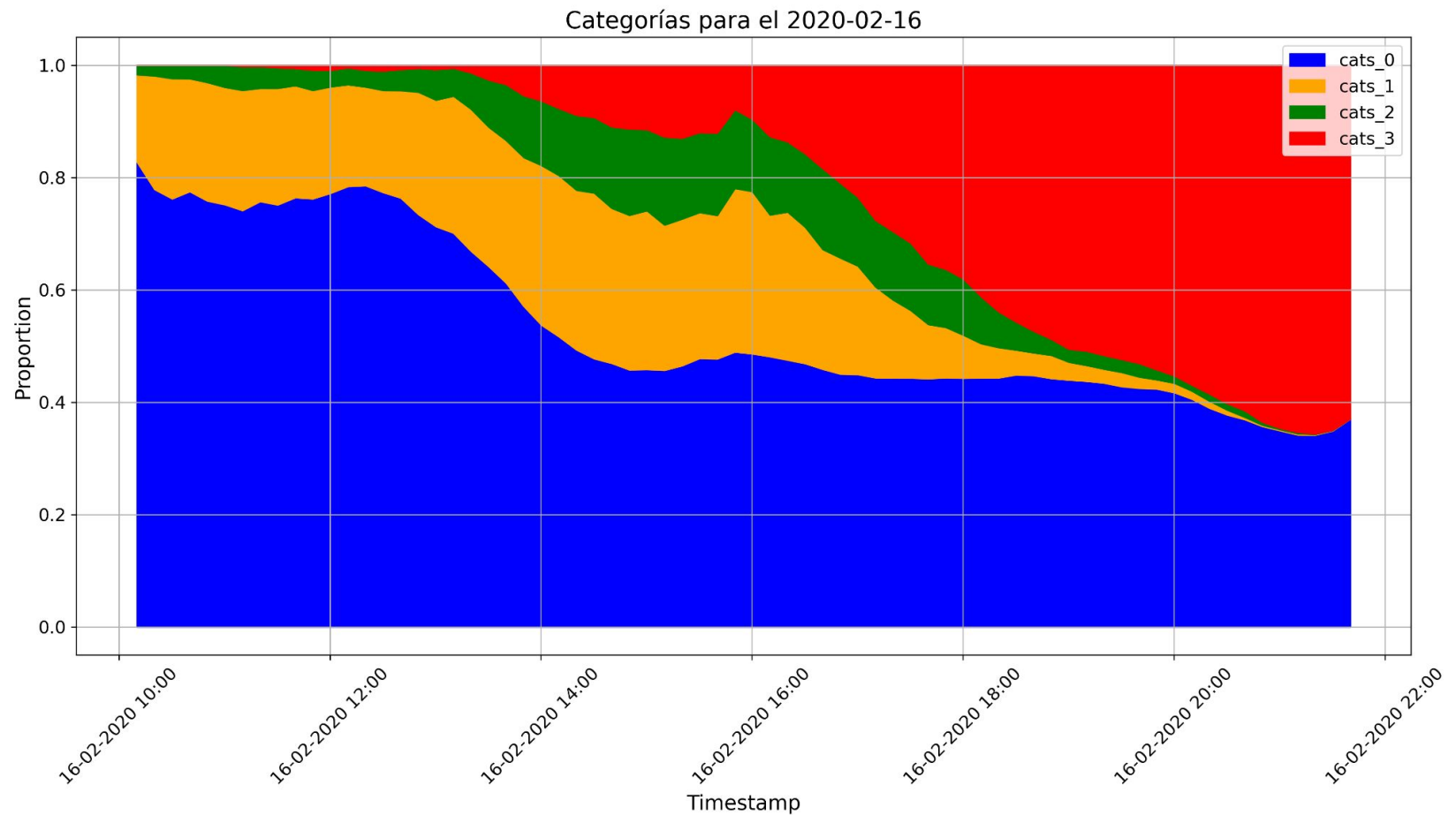
Ejemplo de postproceso CTH: 29/1/2020, 14:00 hs UTC



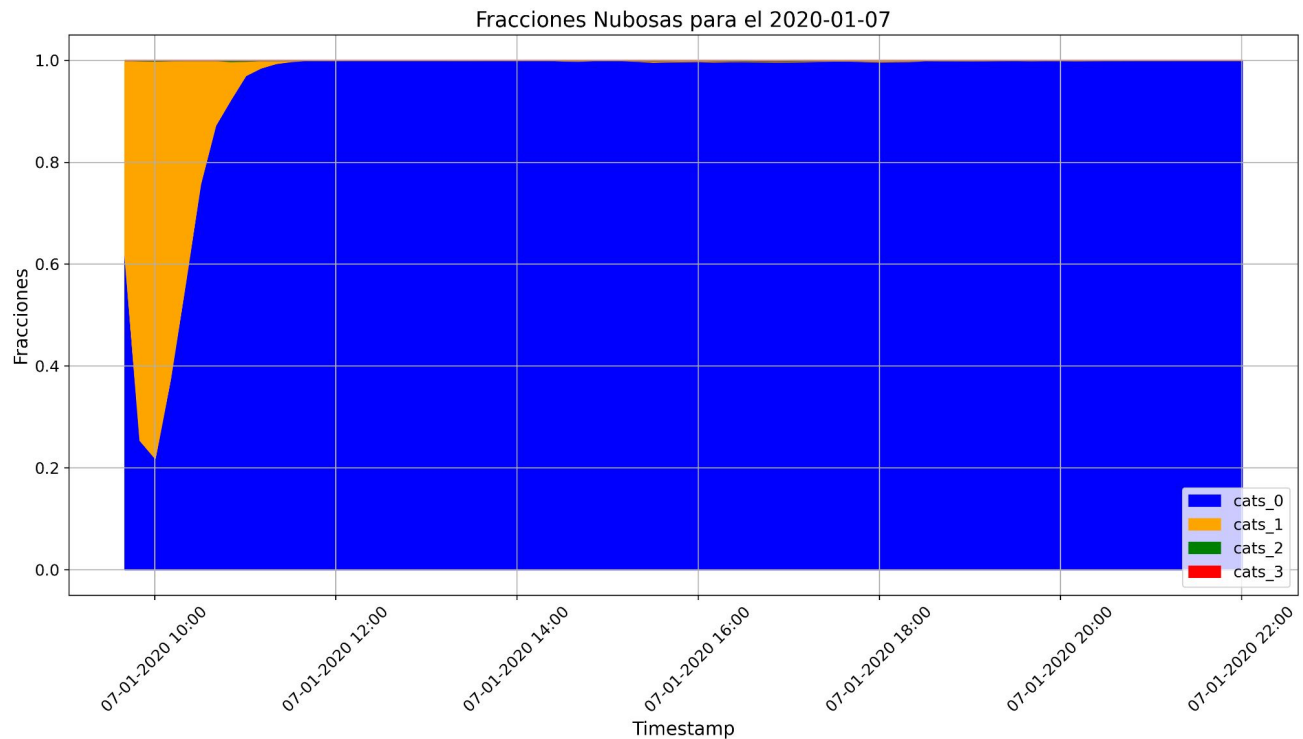
Ejemplo de postproceso CTH: 29/1/2020, 14:00 hs UTC



Evolución diaria de frs_{cat}



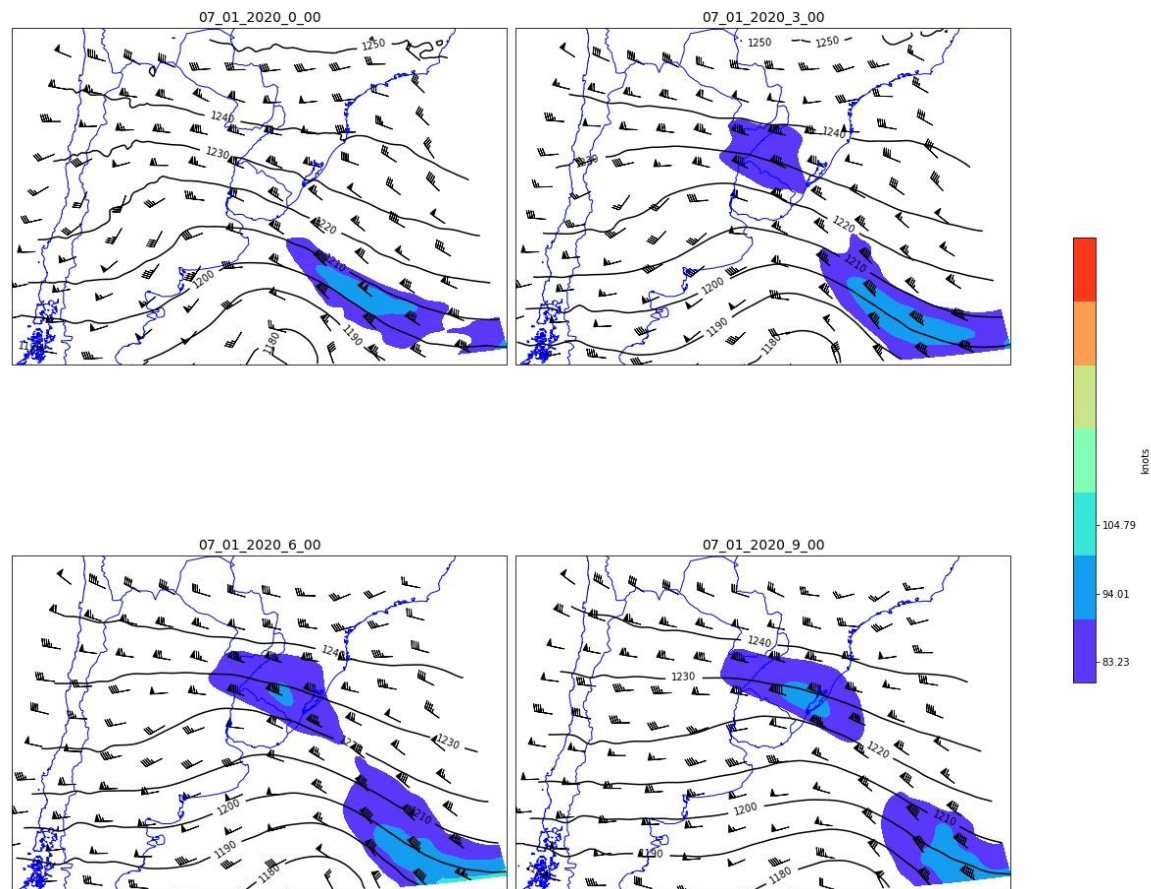
Análisis del evento del 7/1/2020



- $\max(fr_{cat\ 1}) = 0.78$. Un pico en nubosidad categoría 1 a las 10:00 hs UTC. A partir de las 12:00 UTC domina categoría 0.

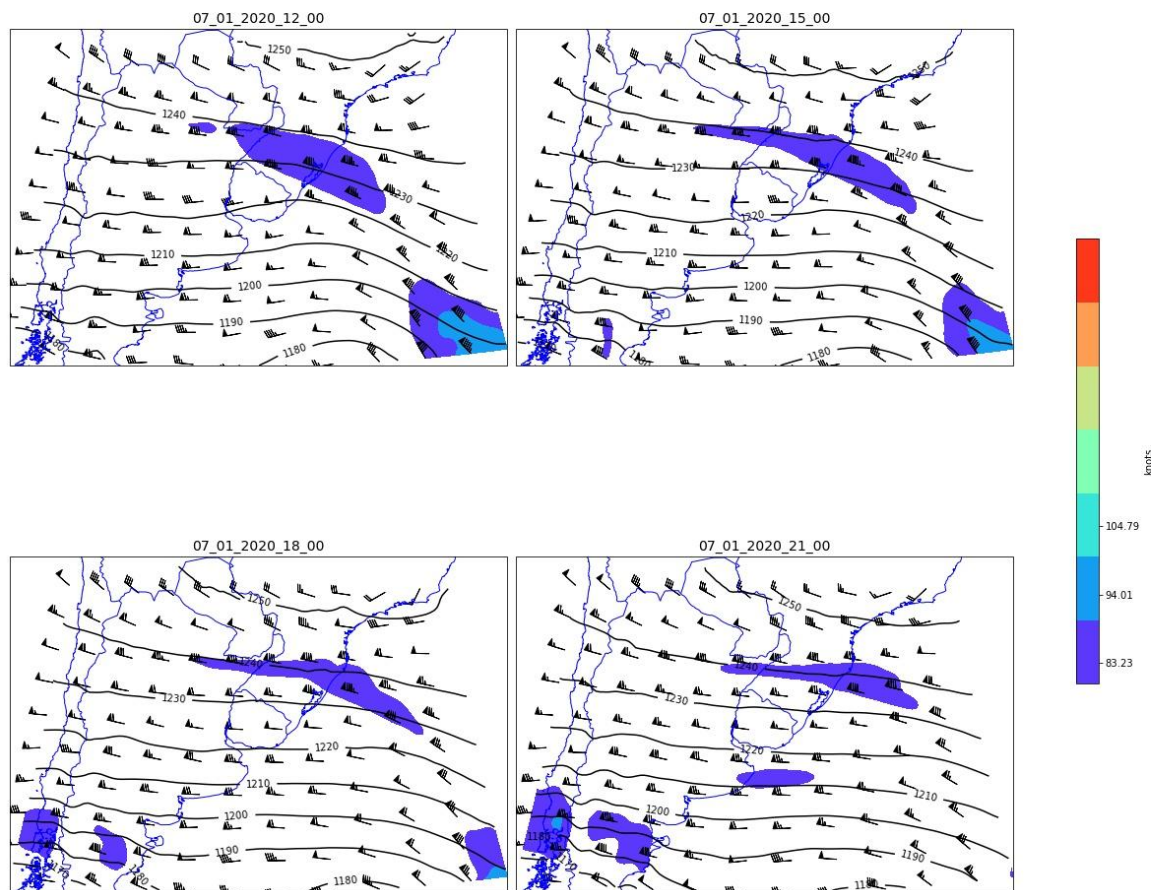
v200 y Z200, 7/1/2020 horas de la mañana

Viento 200 hPa y Z200



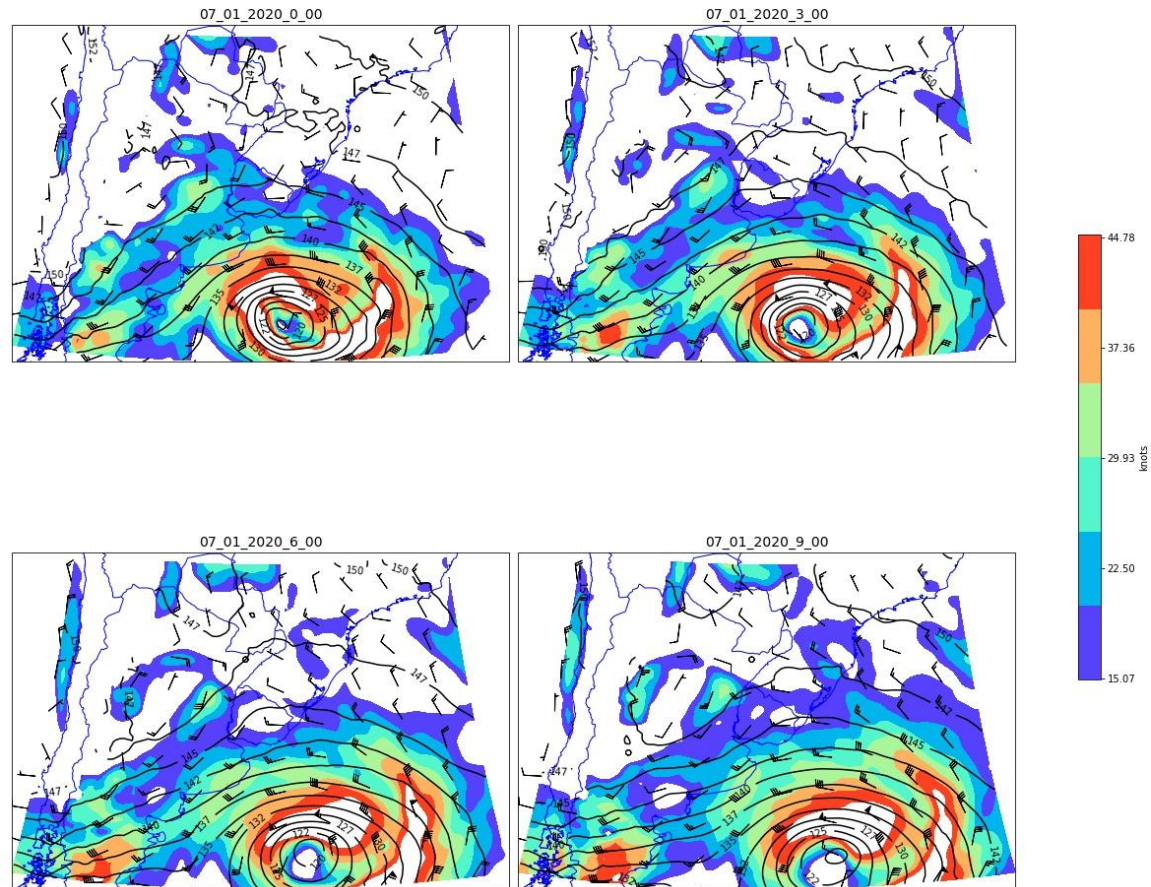
v200 y Z200, 7/1/2020 horas de la tarde

Viento 200 hPa y Z200



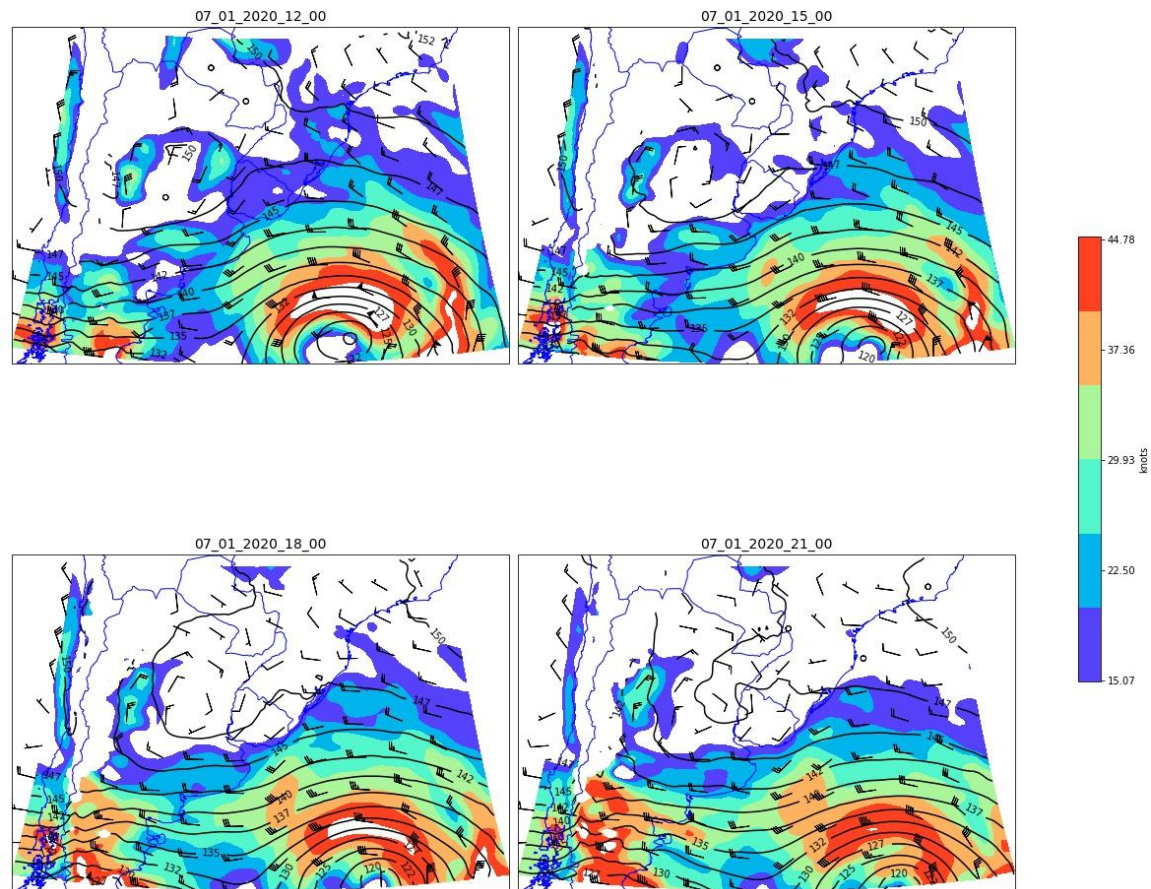
v850 y Z850, 7/1/2020 horas de la mañana

Viento 850 hPa y Z850

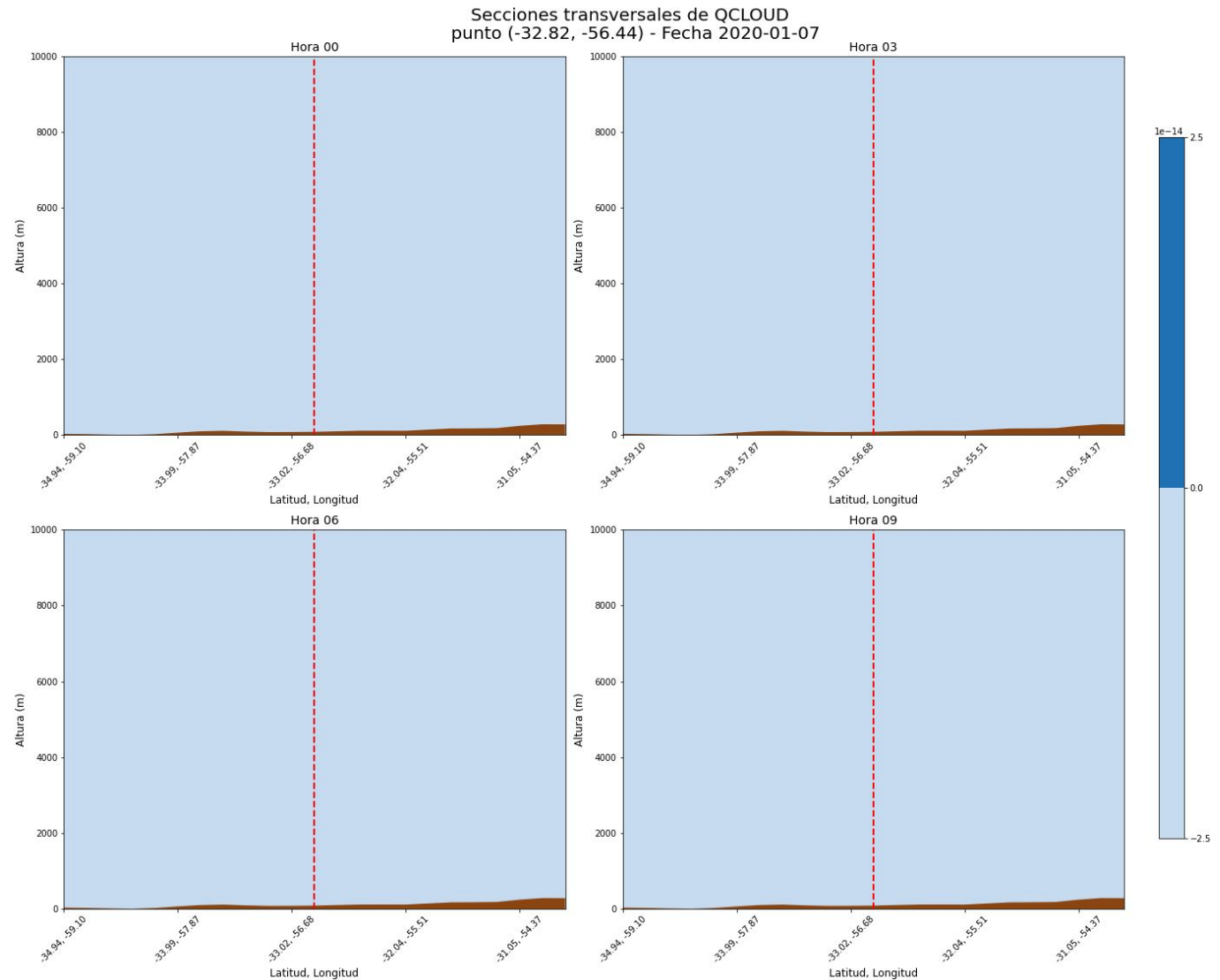


v850 y Z850, 7/1/2020 horas de la tarde

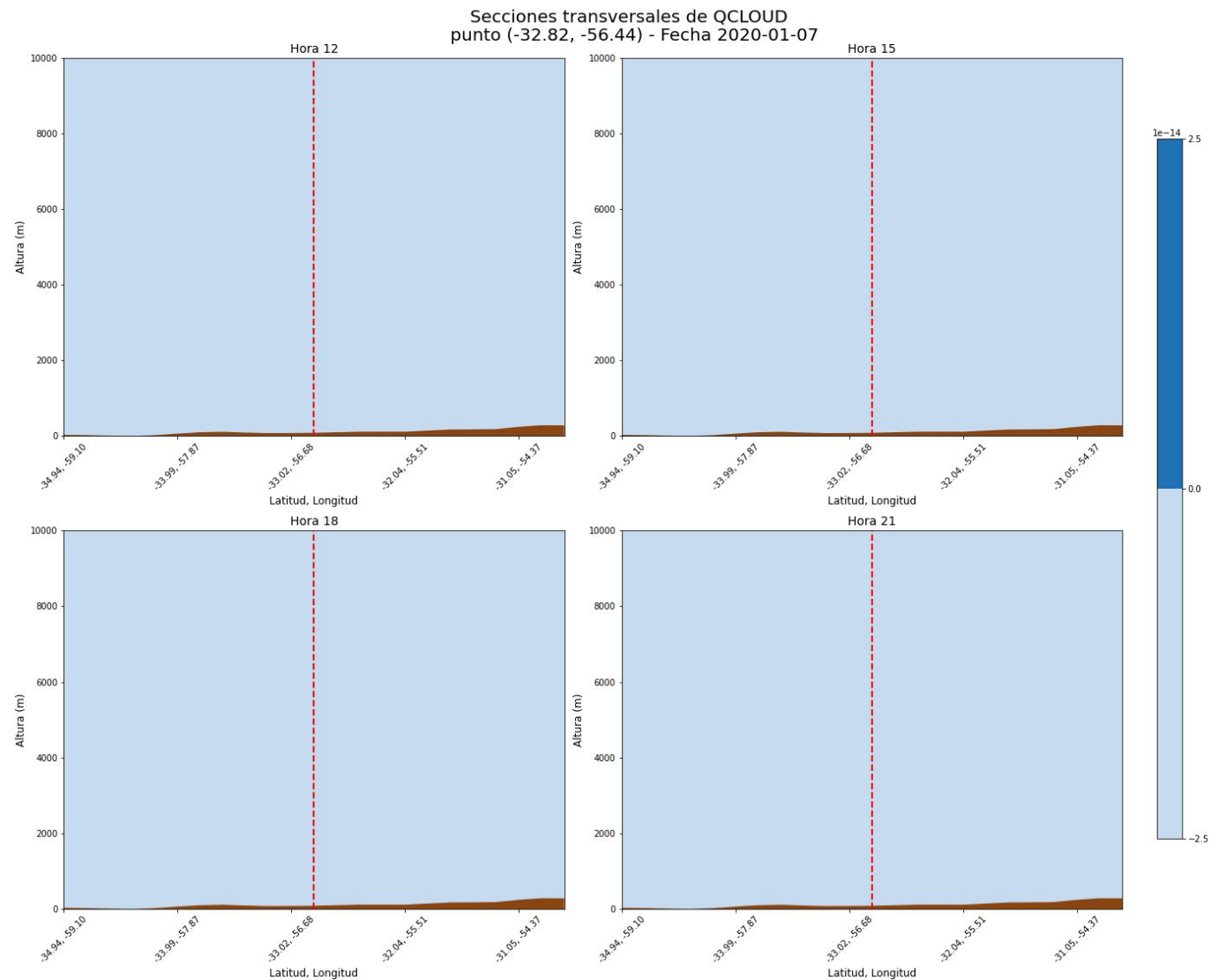
Viento 850 hPa y Z850



Sección transversal QCLOUD, 7/1/2020 horas de la mañana

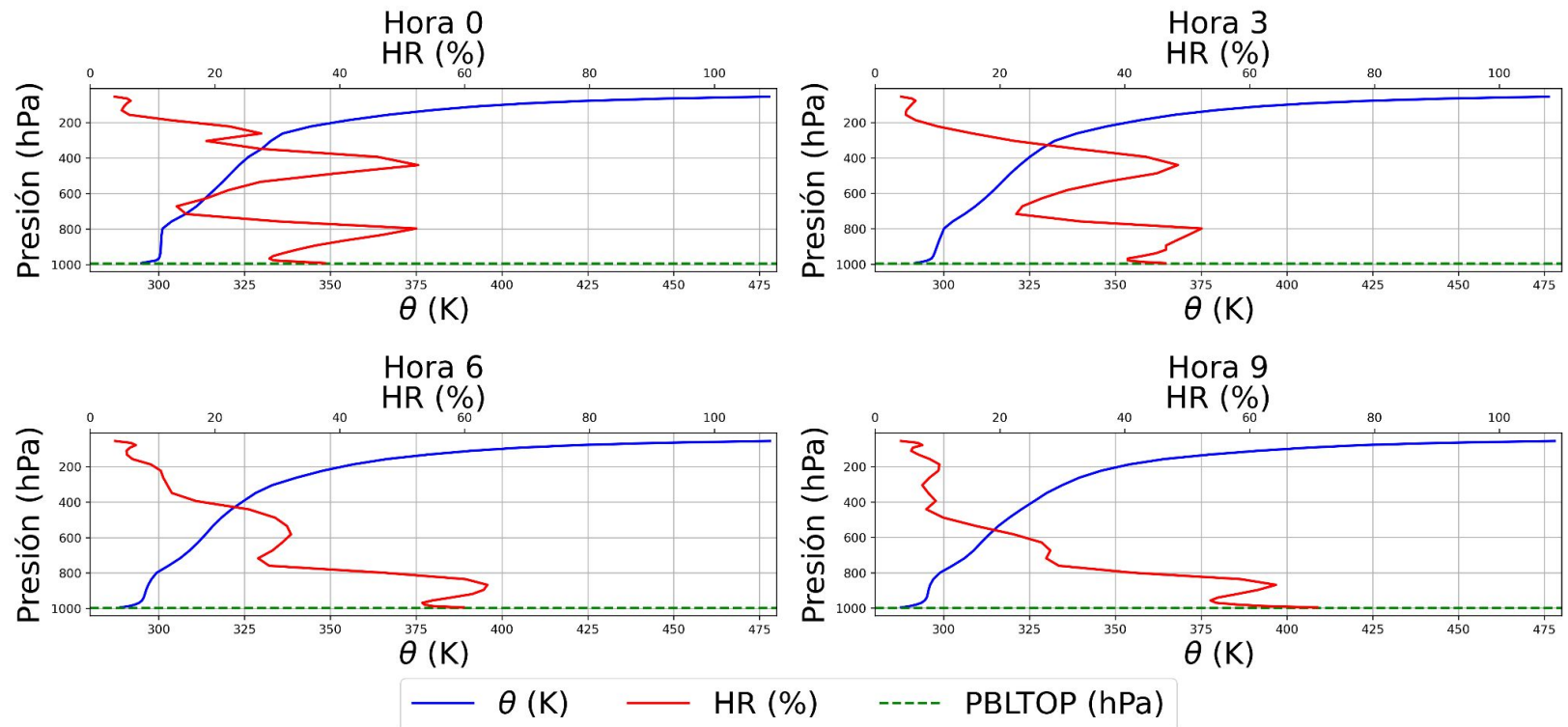


Sección transversal QCLOUD, 7/1/2020 horas de la tarde



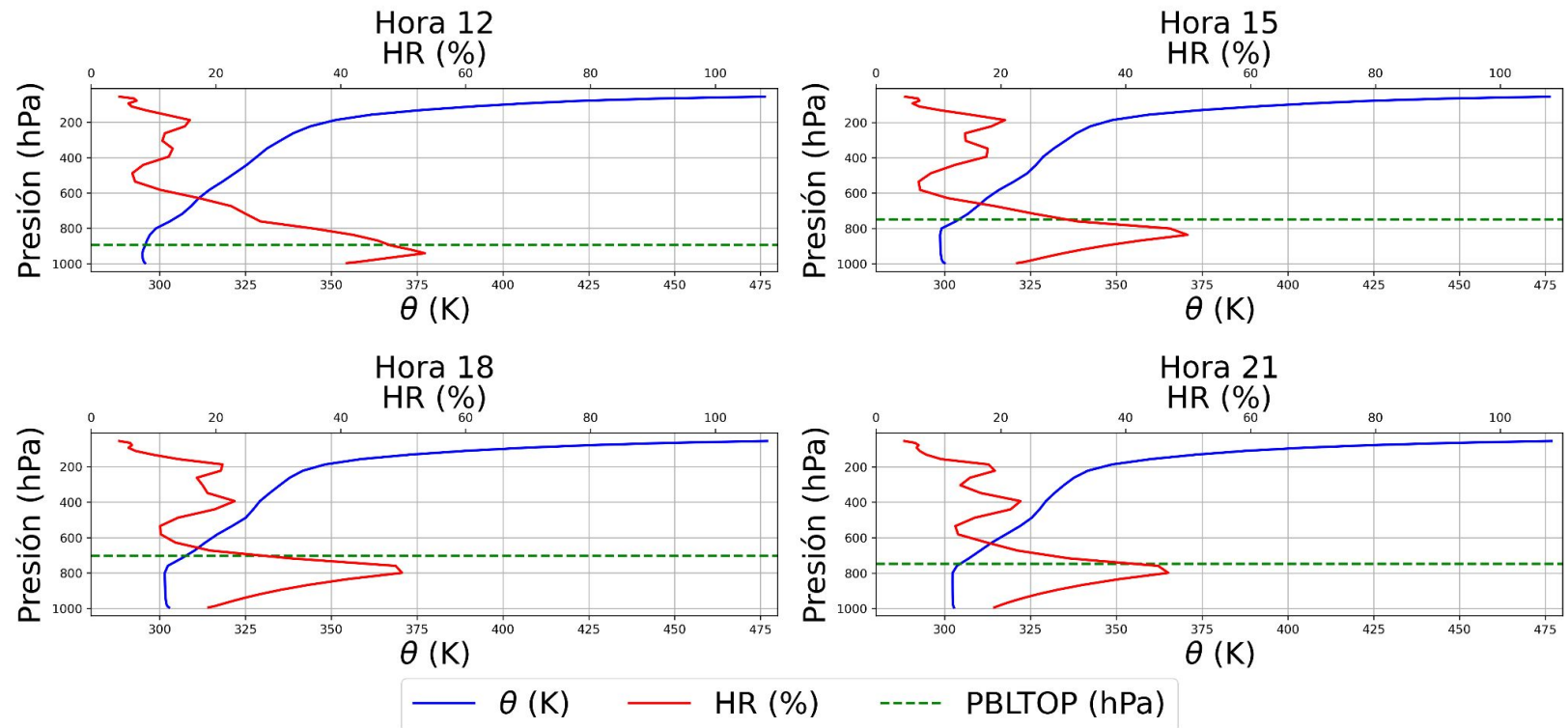
Perfiles verticales θ , HR y PBLTOP, 7/1/2020 horas de la mañana

Perfiles Verticales para el 07-01-2020 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Perfiles verticales θ , HR y PBLTOP, 7/1/2020 horas de la tarde

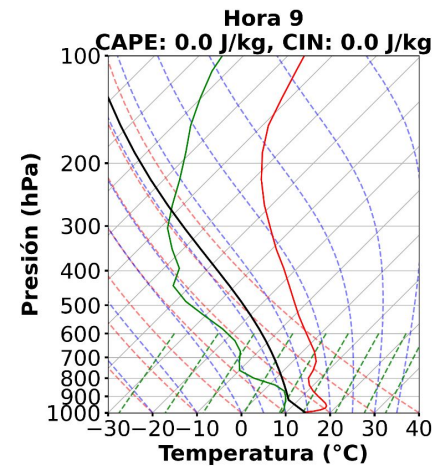
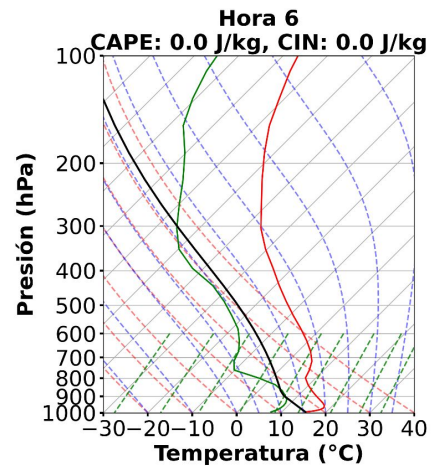
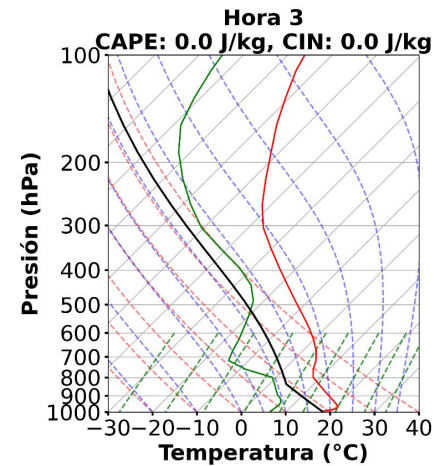
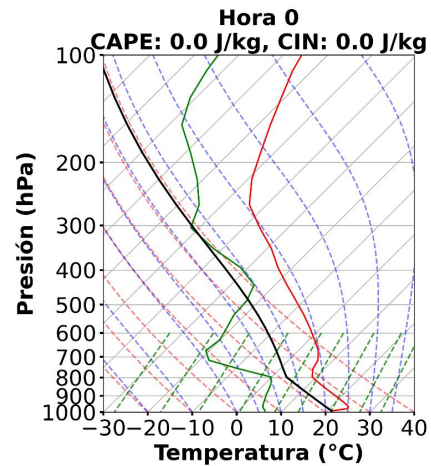
Perfiles Verticales para el 07-01-2020 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Diagramas SkewT - Lp, 7/1/2020 horas de la mañana

SkewT-logP : 07-01-2020

Lat: -32.82, Lon: -56.44

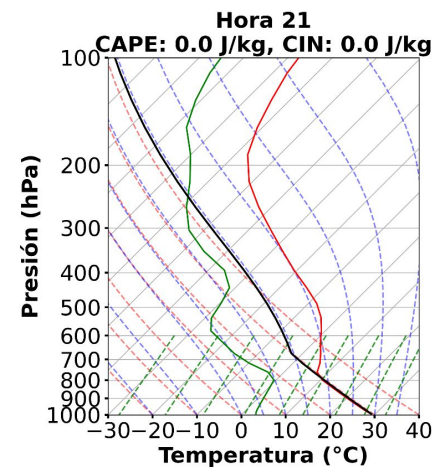
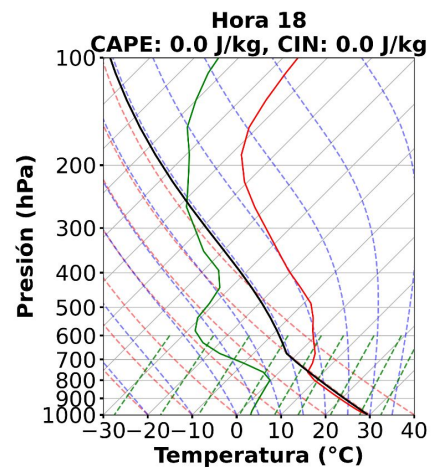
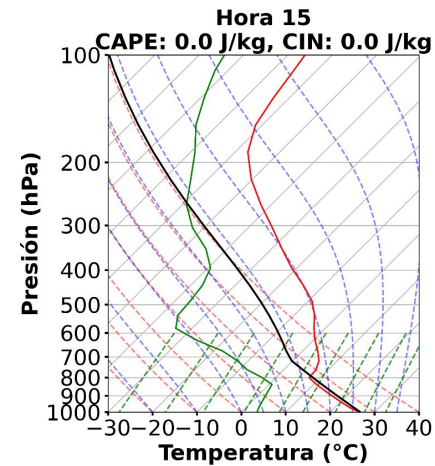
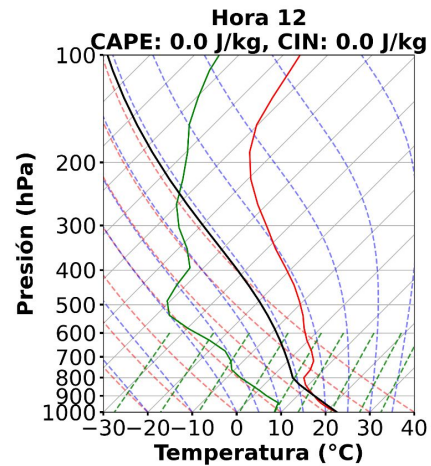


— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

Diagramas SkewT - Lp, 7/1/2020 horas de la tarde

SkewT-logP : 07-01-2020

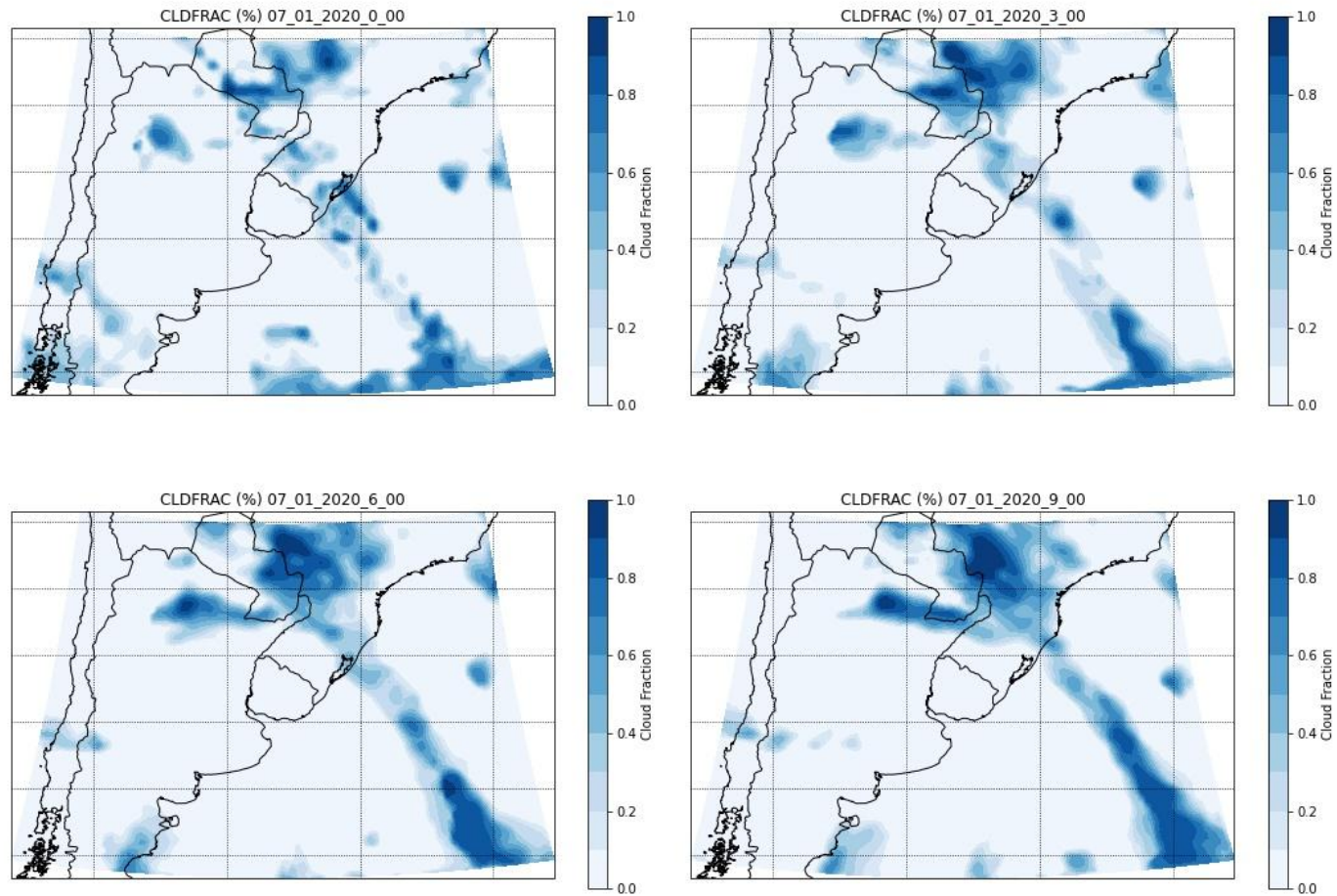
Lat: -32.82, Lon: -56.44



— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

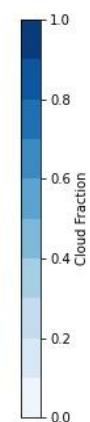
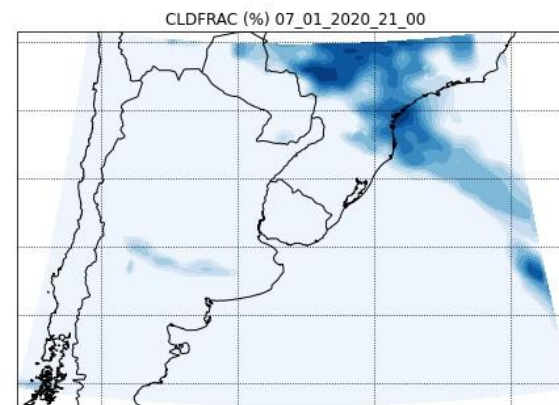
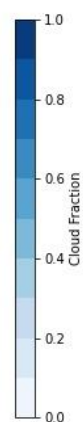
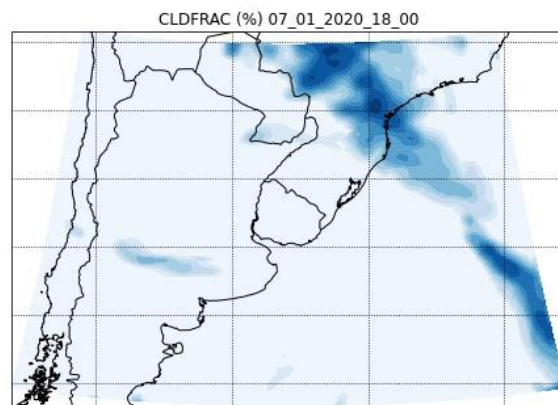
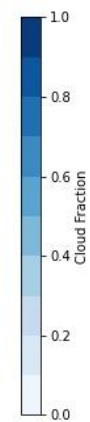
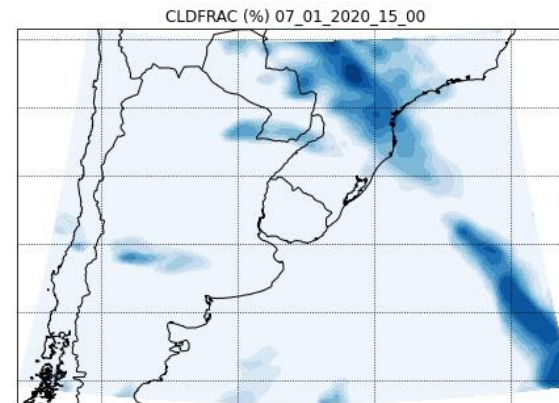
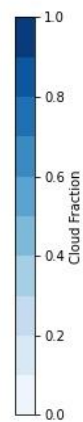
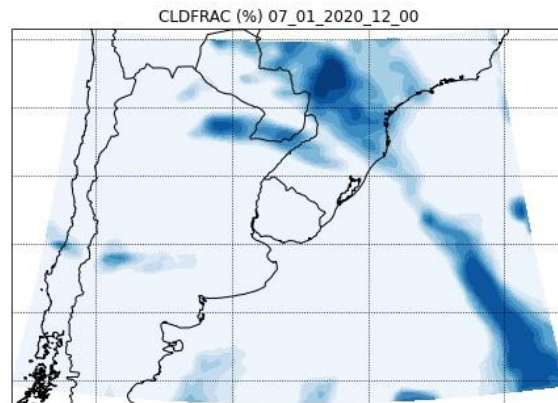
CLDFRA Nubes altas, 7/1/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - High-Level Clouds



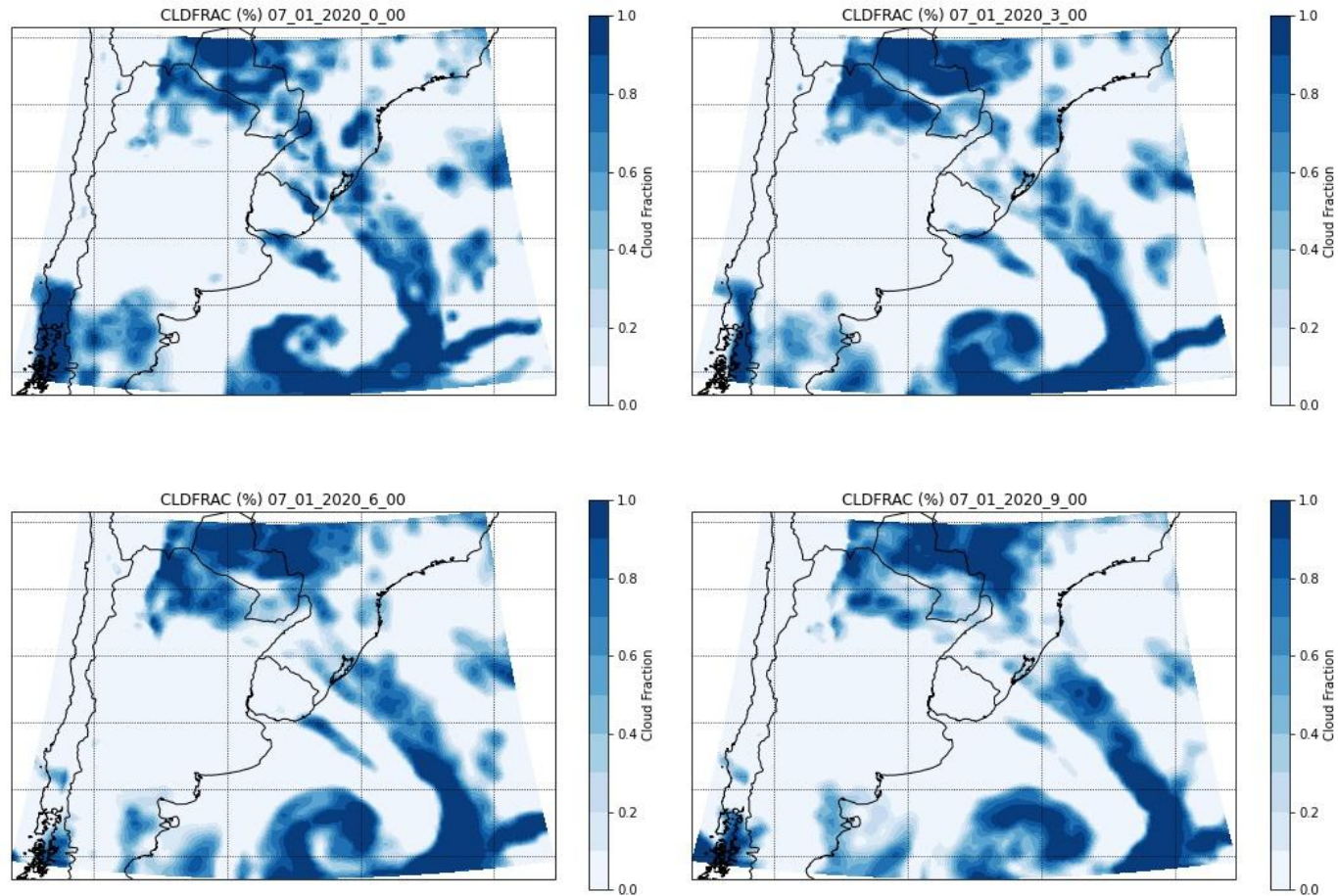
CLDFRA Nubes altas, 7/1/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - High-Level Clouds



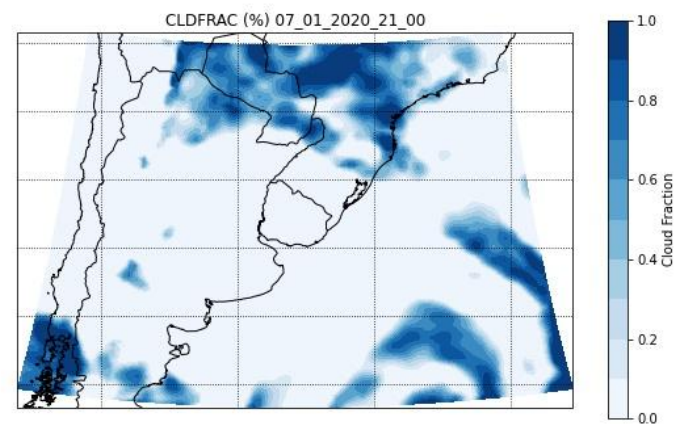
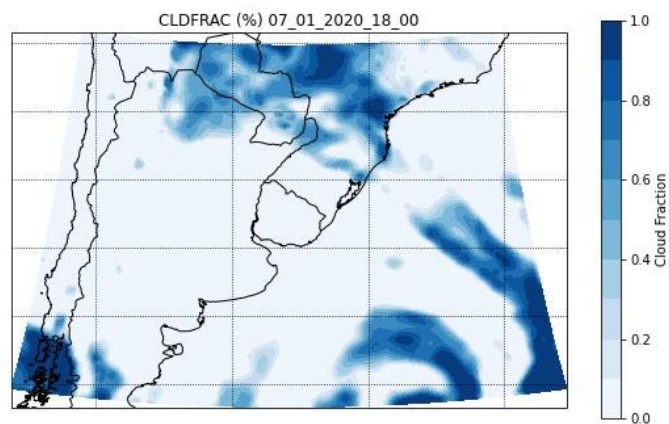
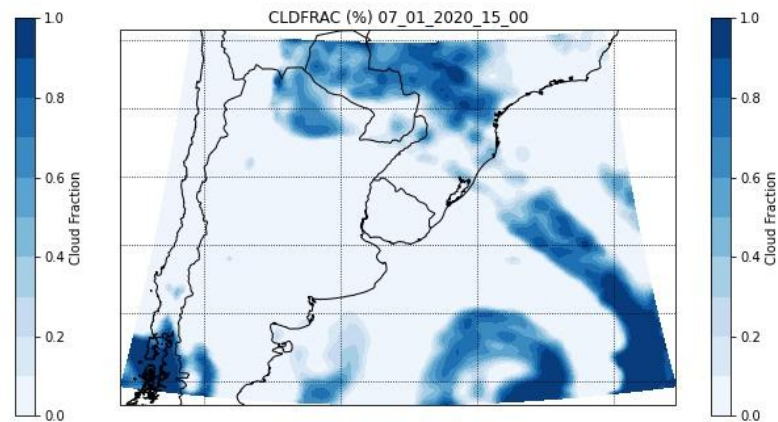
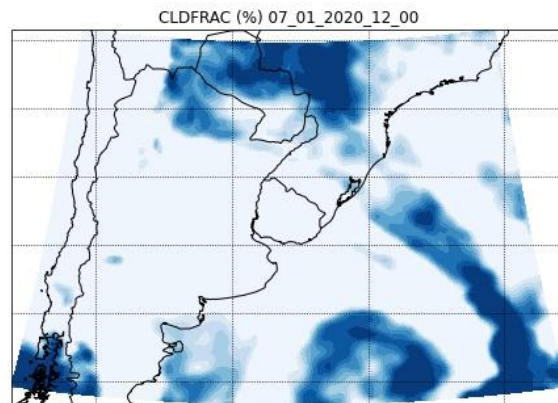
CLDFRA Nubes medias, 7/1/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Mid-Level Clouds



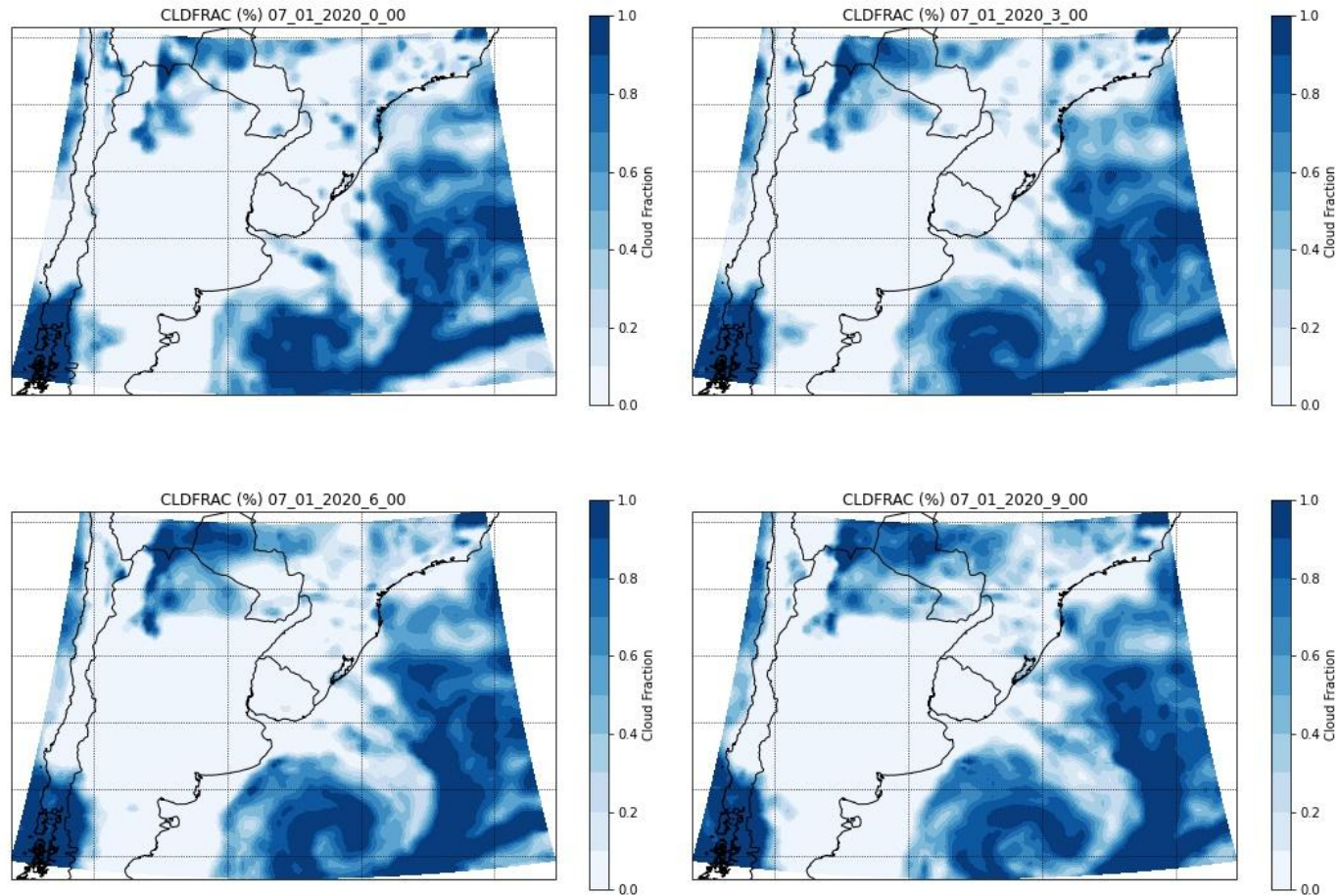
CLDFRA Nubes medias, 7/1/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Mid-Level Clouds



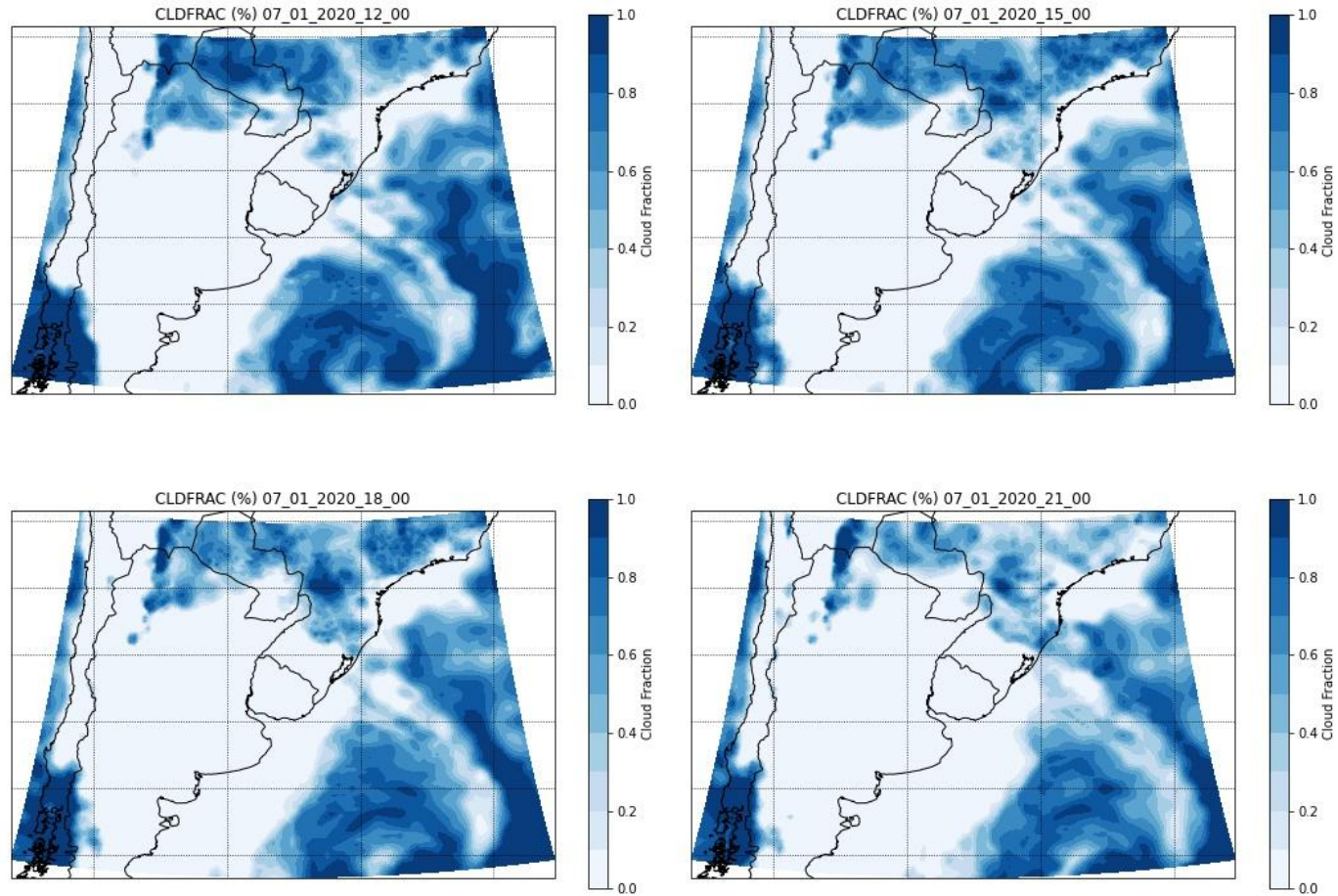
CLDFRA Nubes bajas, 7/1/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Low-Level Clouds

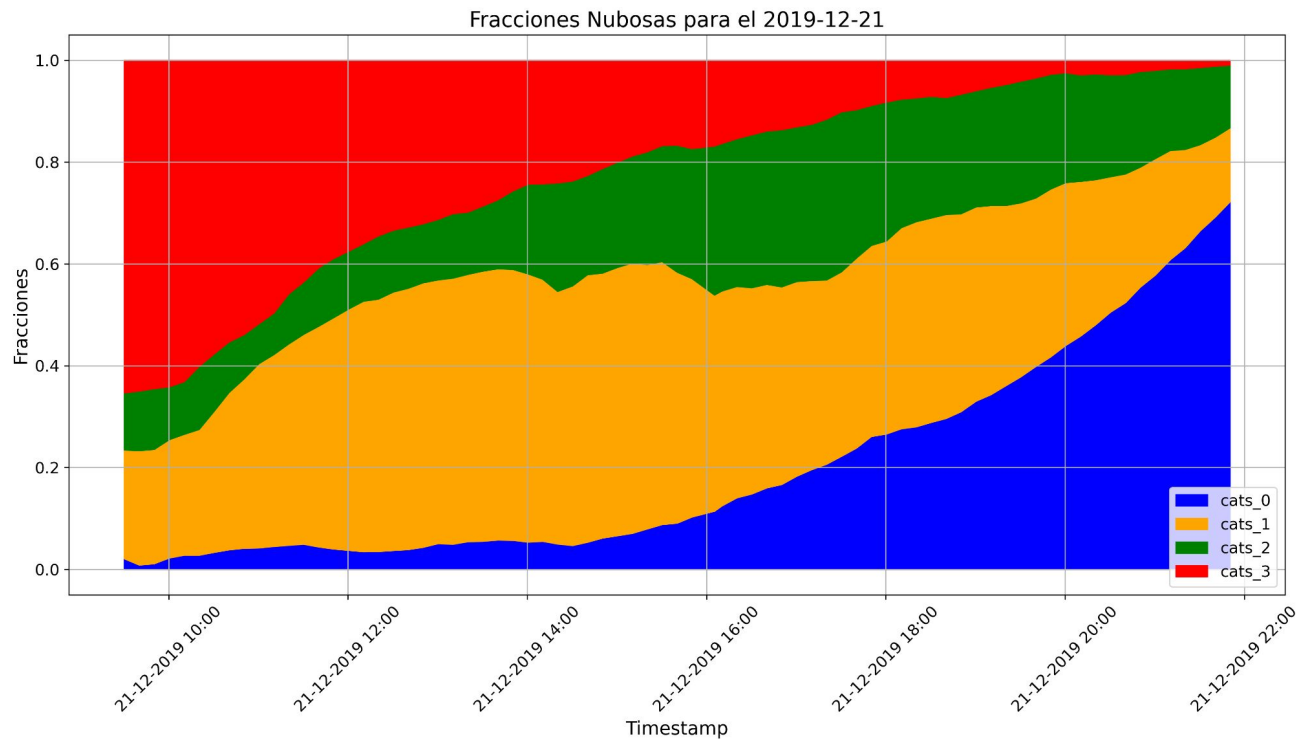


CLDFRA Nubes bajas, 7/1/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Low-Level Clouds



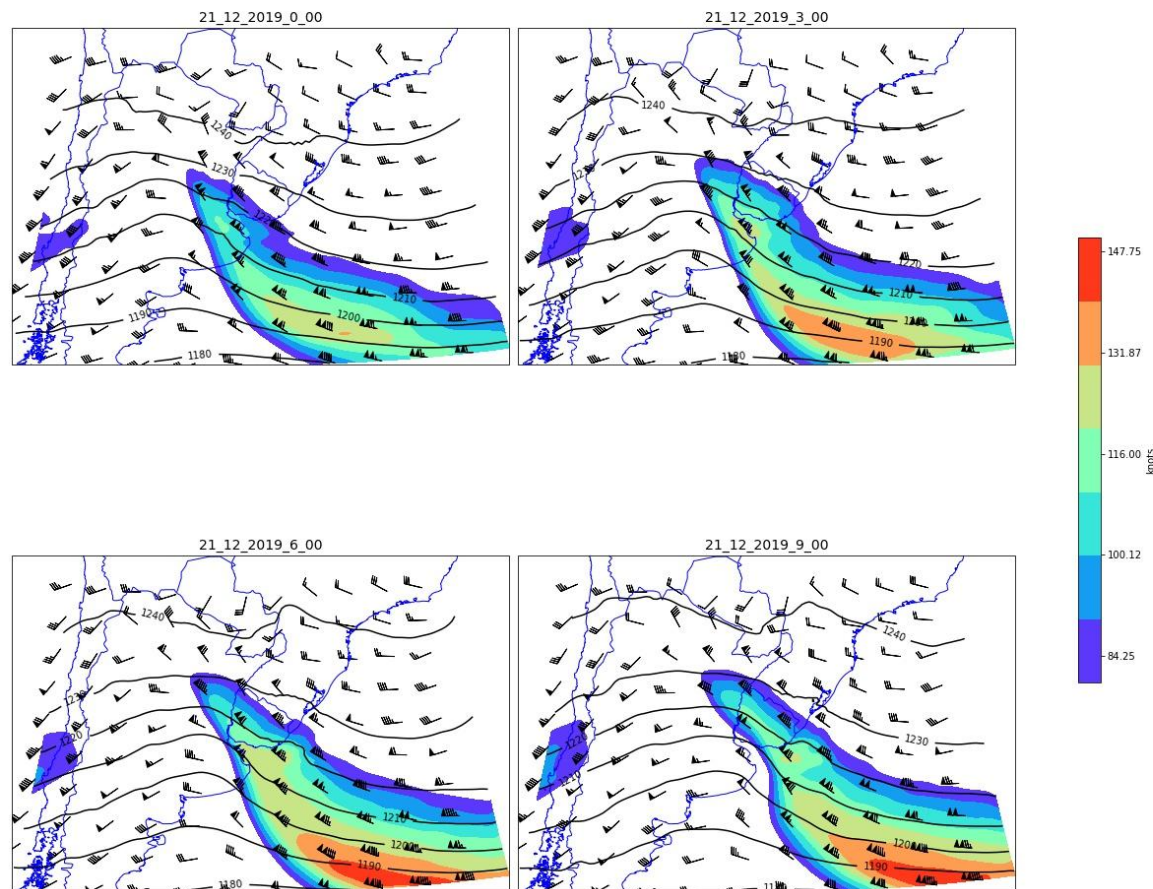
Análisis del evento del 21/12/2019



- $\max(fr_{cat\ 1}) = 0.53$. Un pico en nubosidad categoría 1 a las 13:50 hs UTC..

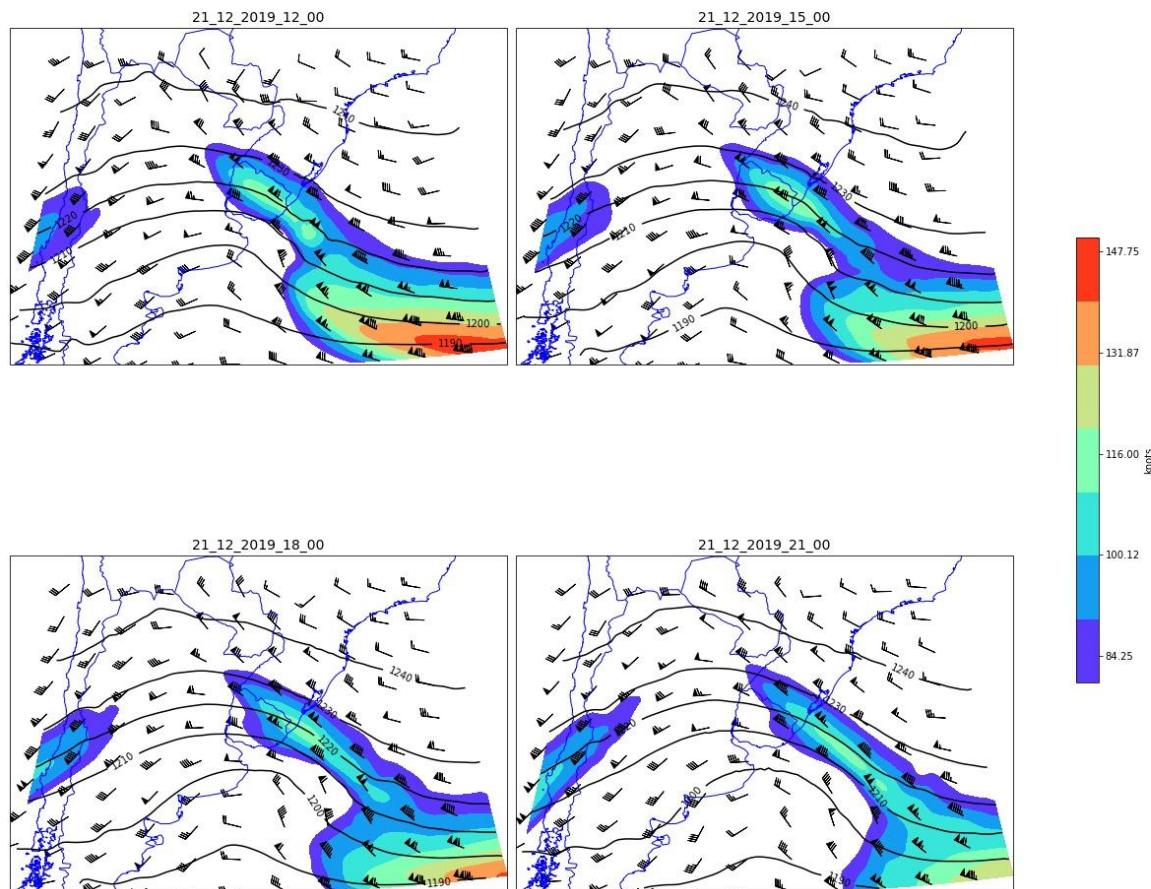
v200 y Z200, 21/12/2019 horas de la mañana

Viento 200 hPa y Z200



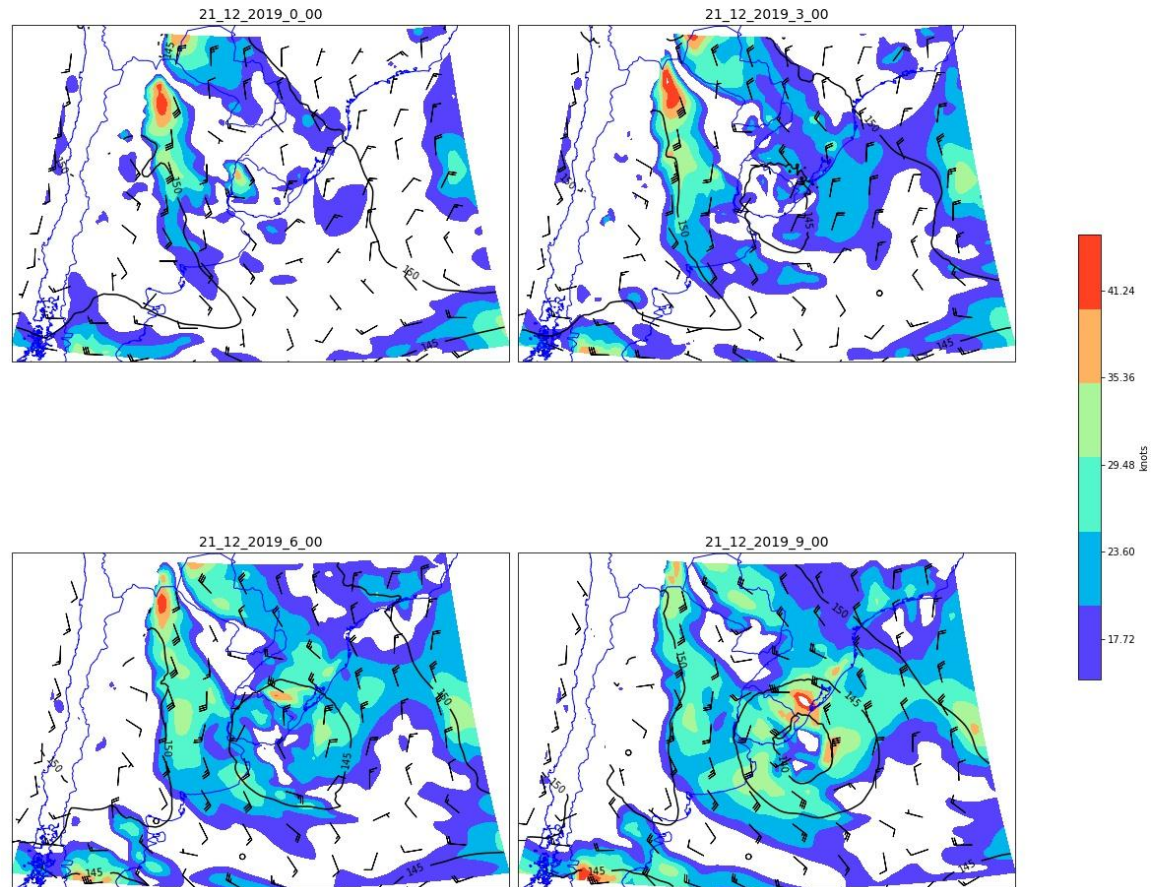
v200 y Z200, 21/12/2019 horas de la tarde

Viento 200 hPa y Z200



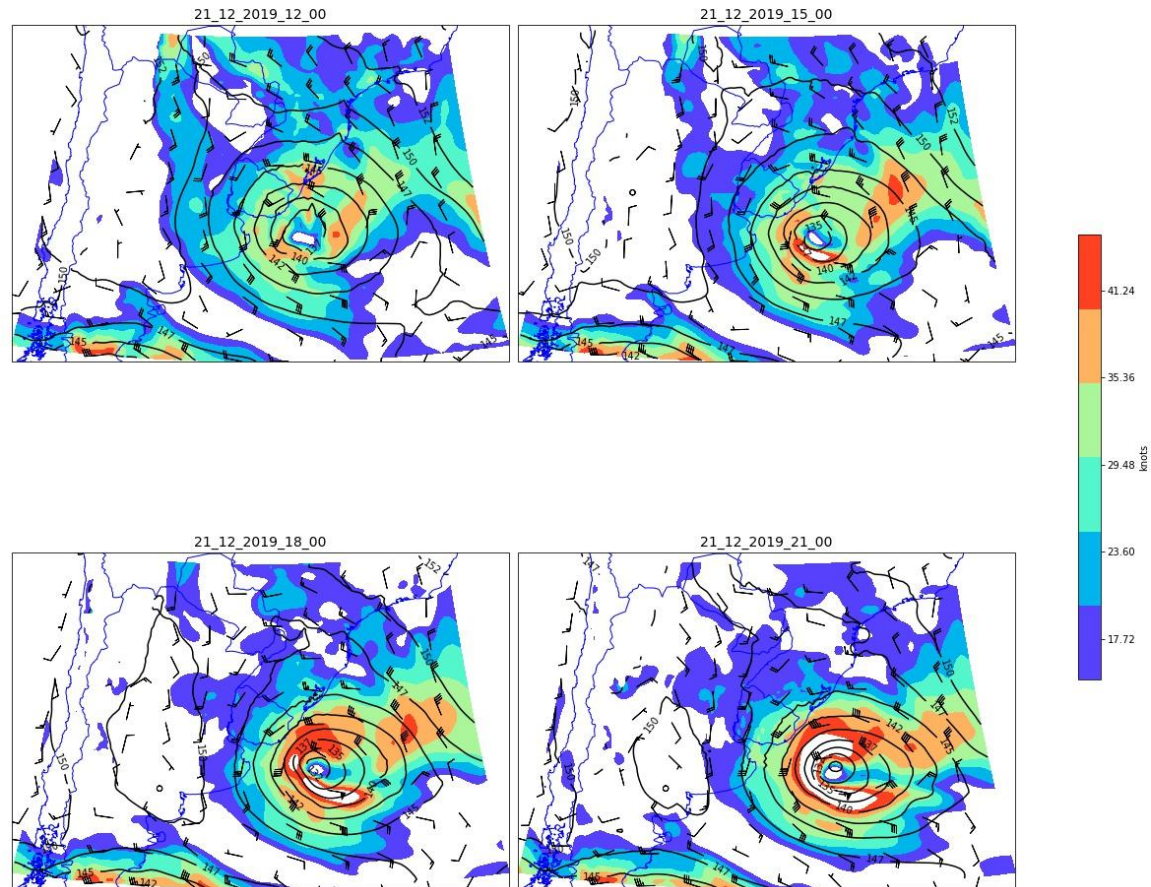
v850 y Z850, 21/12/2019 horas de la mañana

Viento 850 hPa y Z850

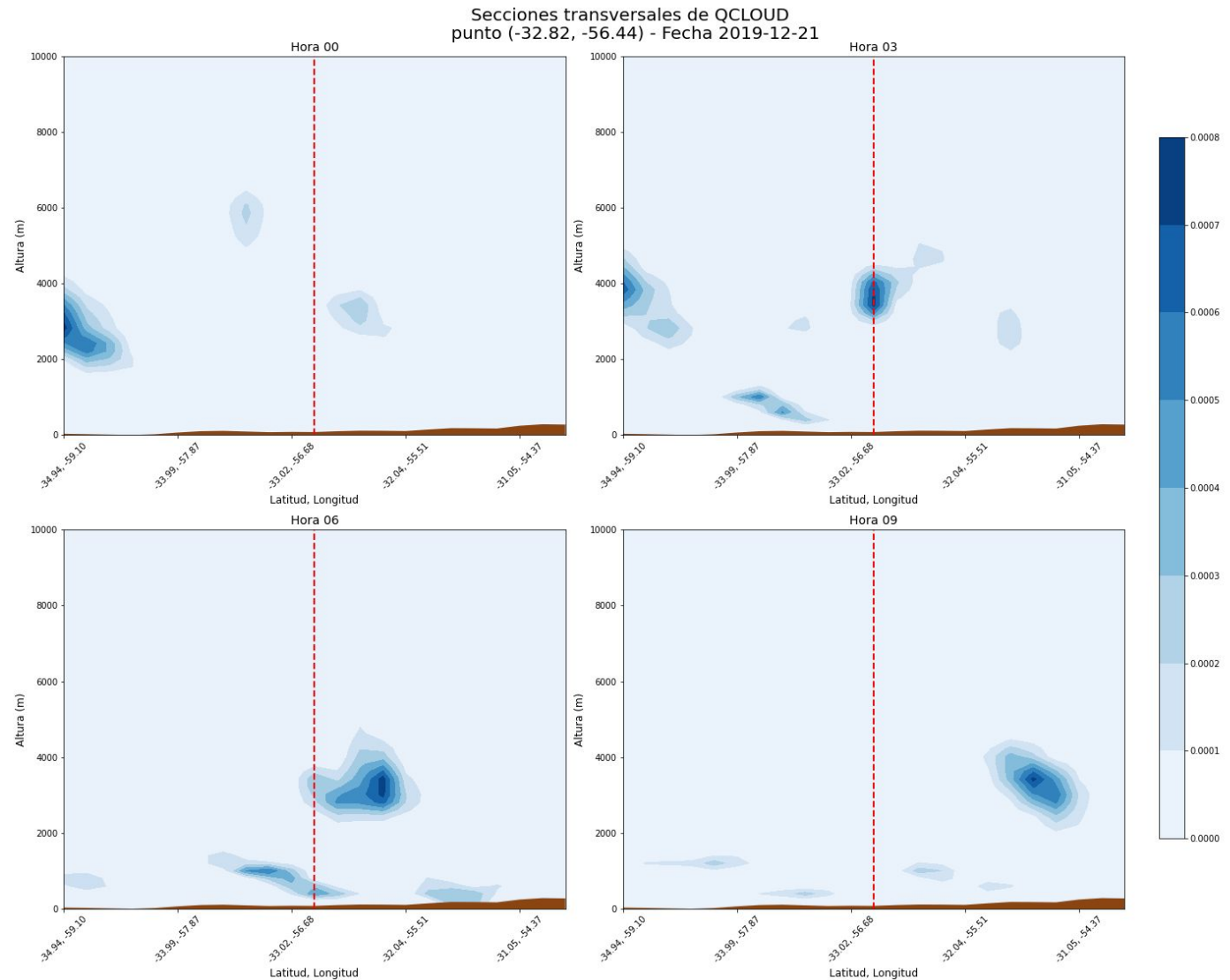


v850 y Z850, 21/12/2019 horas de la tarde

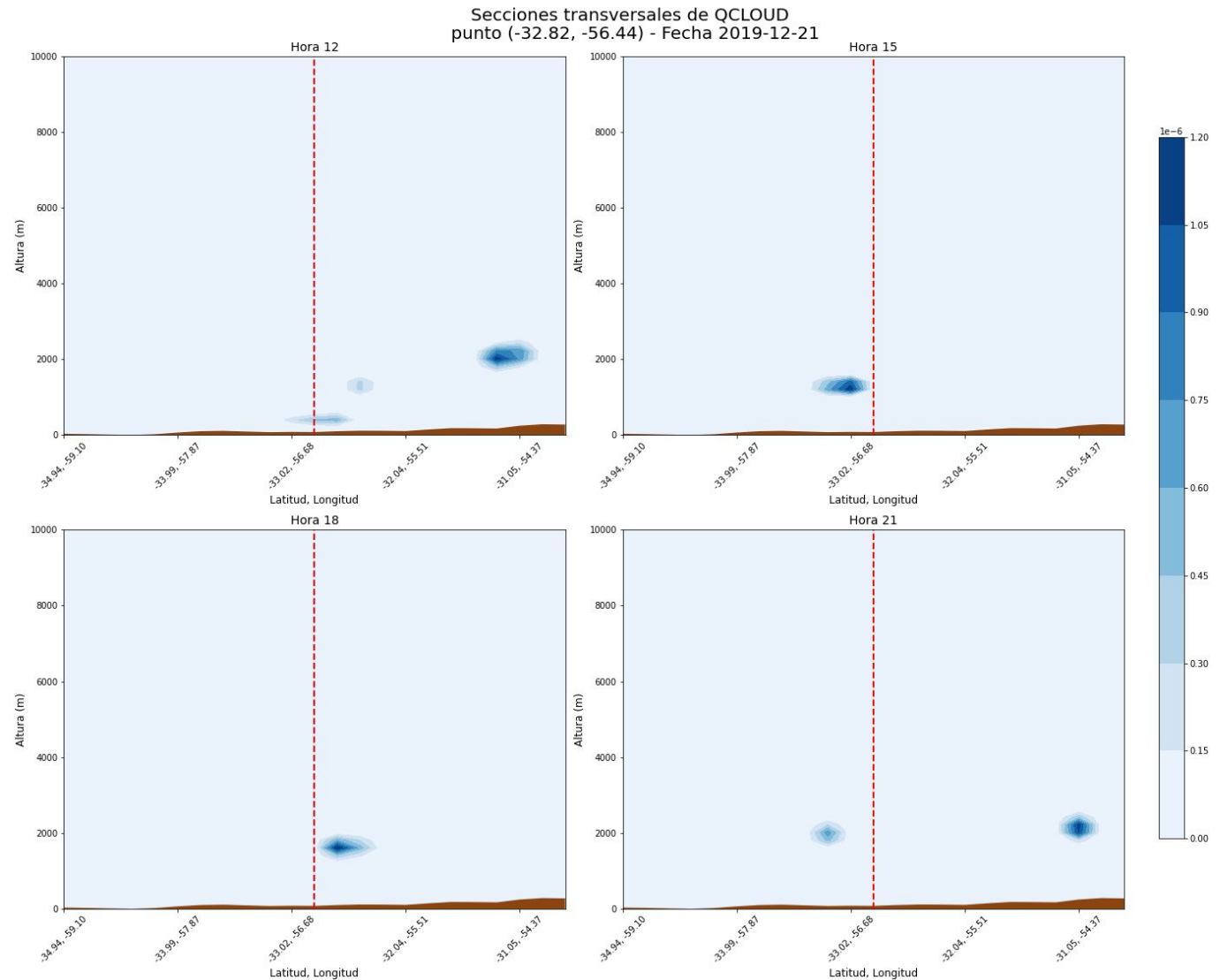
Viento 850 hPa y Z850



Sección transversal QCLOUD, 21/12/2019 horas de la mañana

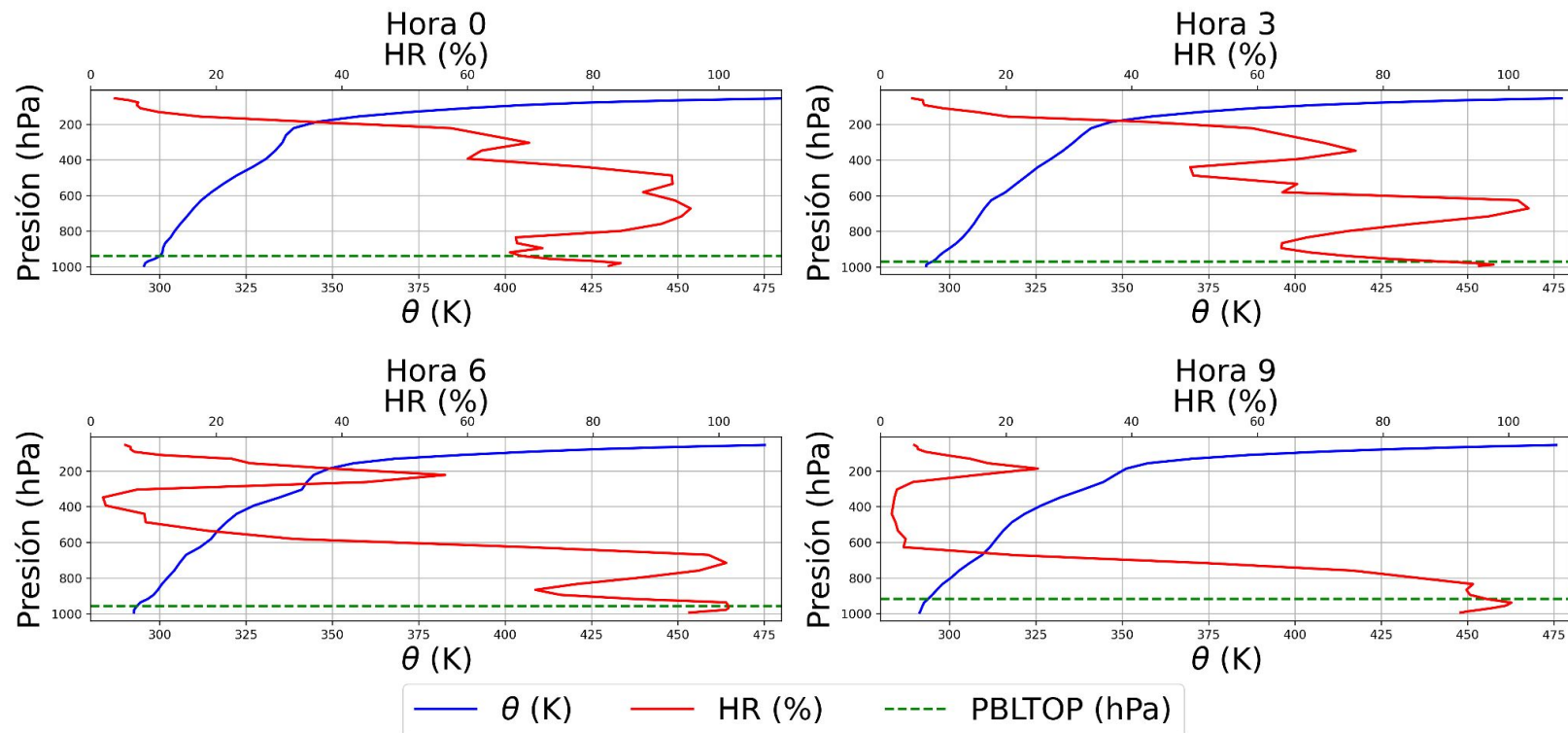


Sección transversal QCLOUD, 21/12/2019 horas de la tarde



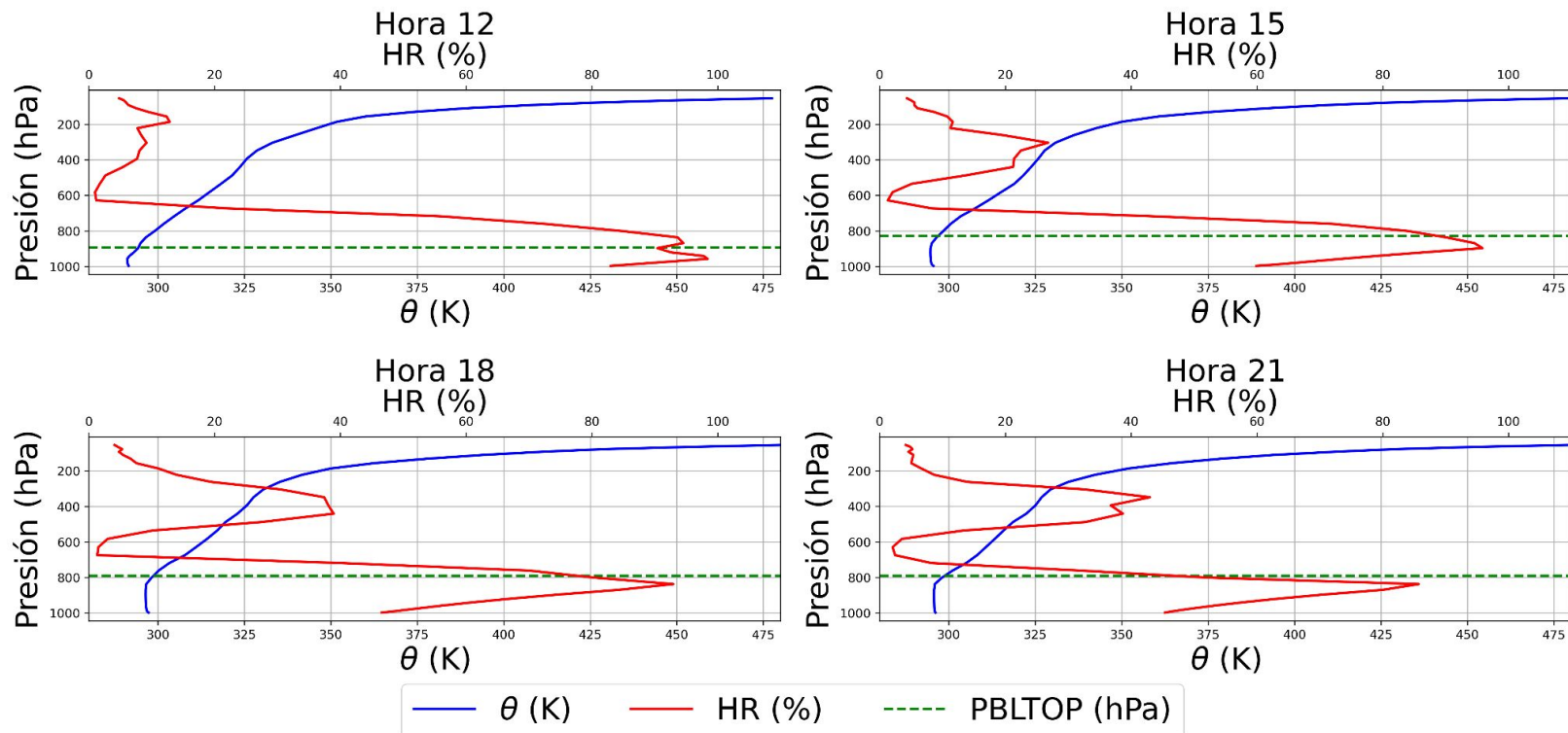
Perfiles verticales Θ , HR y PBLTOP, 21/12/2019 horas de la mañana

Perfiles Verticales para el 21-12-2019 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Perfiles verticales Θ , HR y PBLTOP, 21/12/2019 horas de la tarde

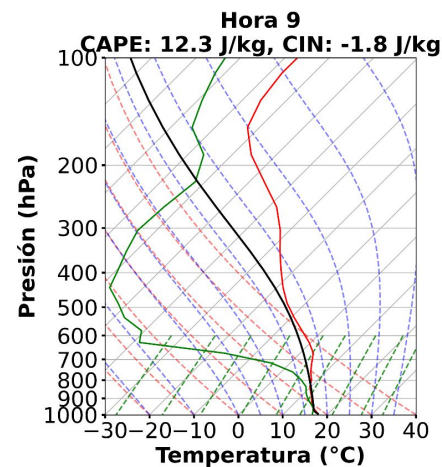
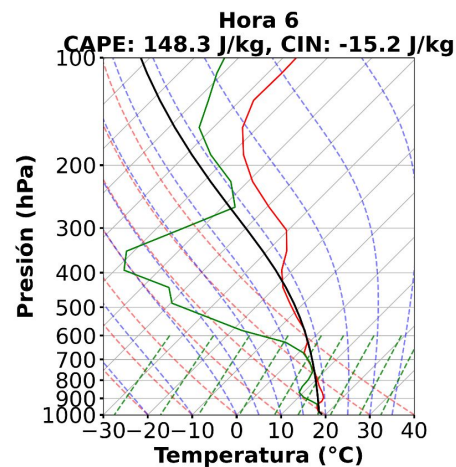
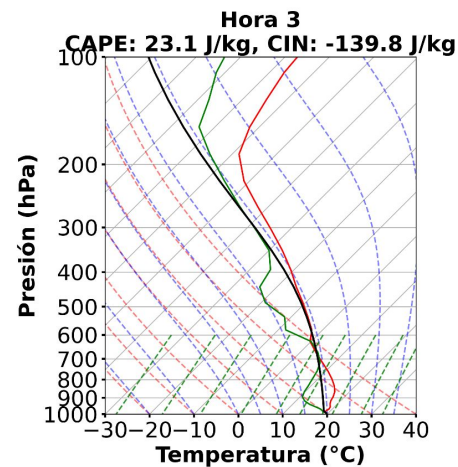
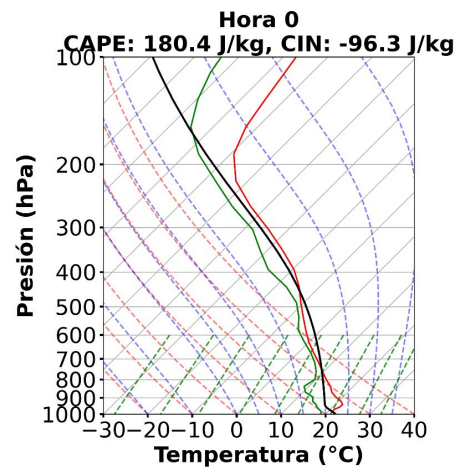
Perfiles Verticales para el 21-12-2019 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Diagramas SkewT - Lp, 21/12/2019 horas de la mañana

SkewT-logP : 21-12-2019

Lat: -32.82, Lon: -56.44

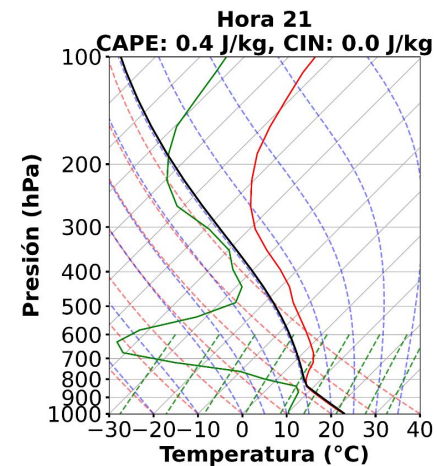
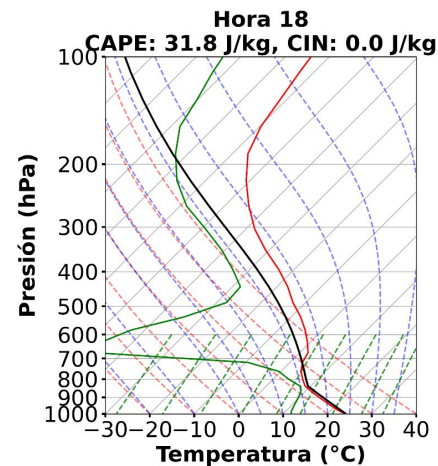
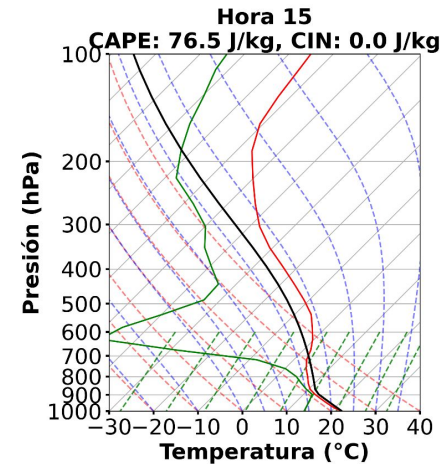
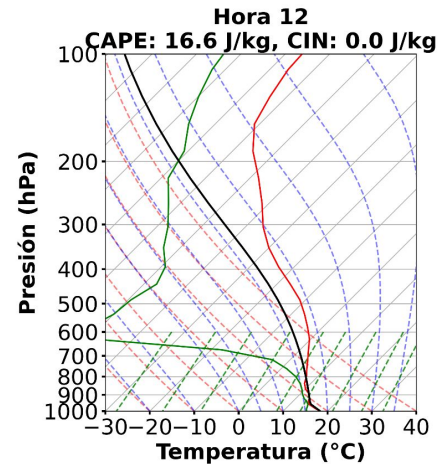


— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

Diagramas SkewT - Lp, 21/12/2019 horas de la tarde

SkewT-logP : 21-12-2019

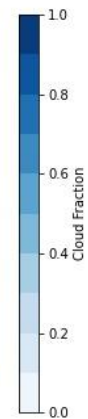
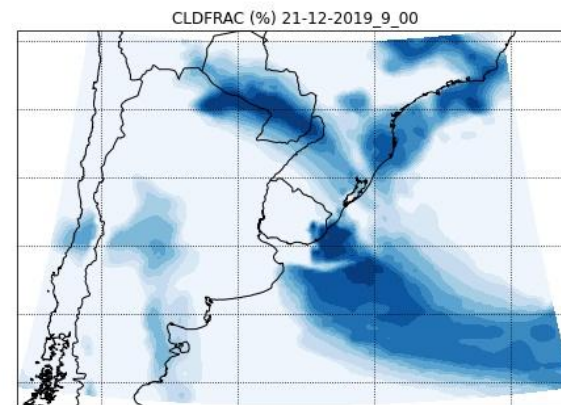
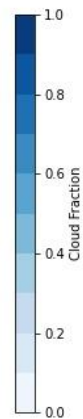
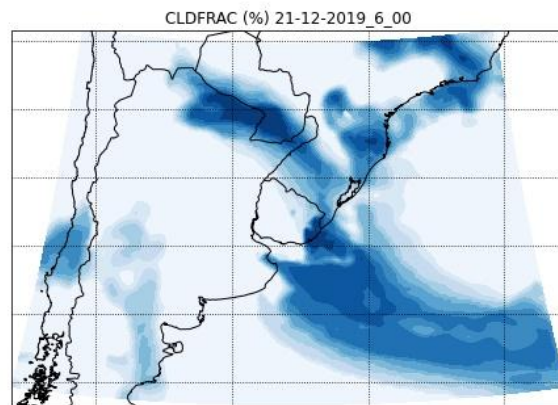
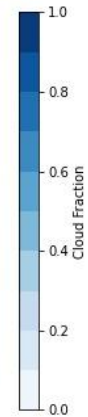
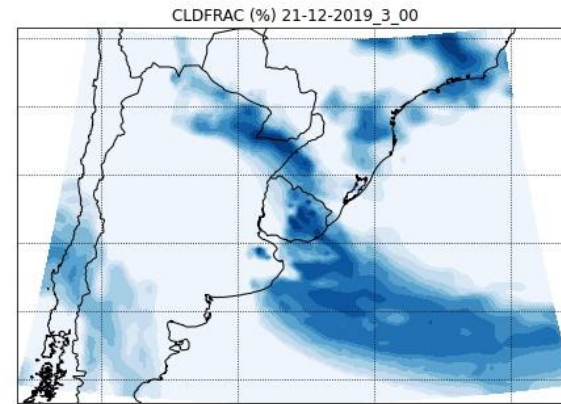
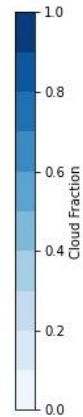
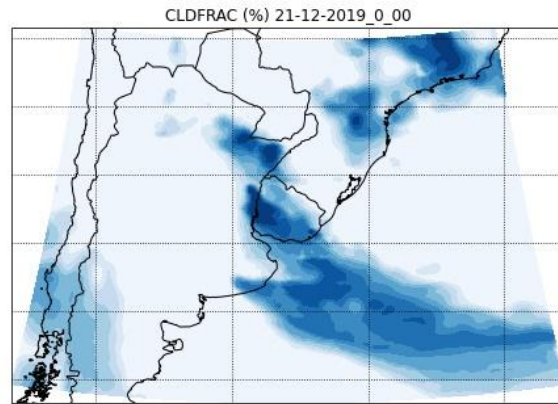
Lat: -32.82, Lon: -56.44



— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

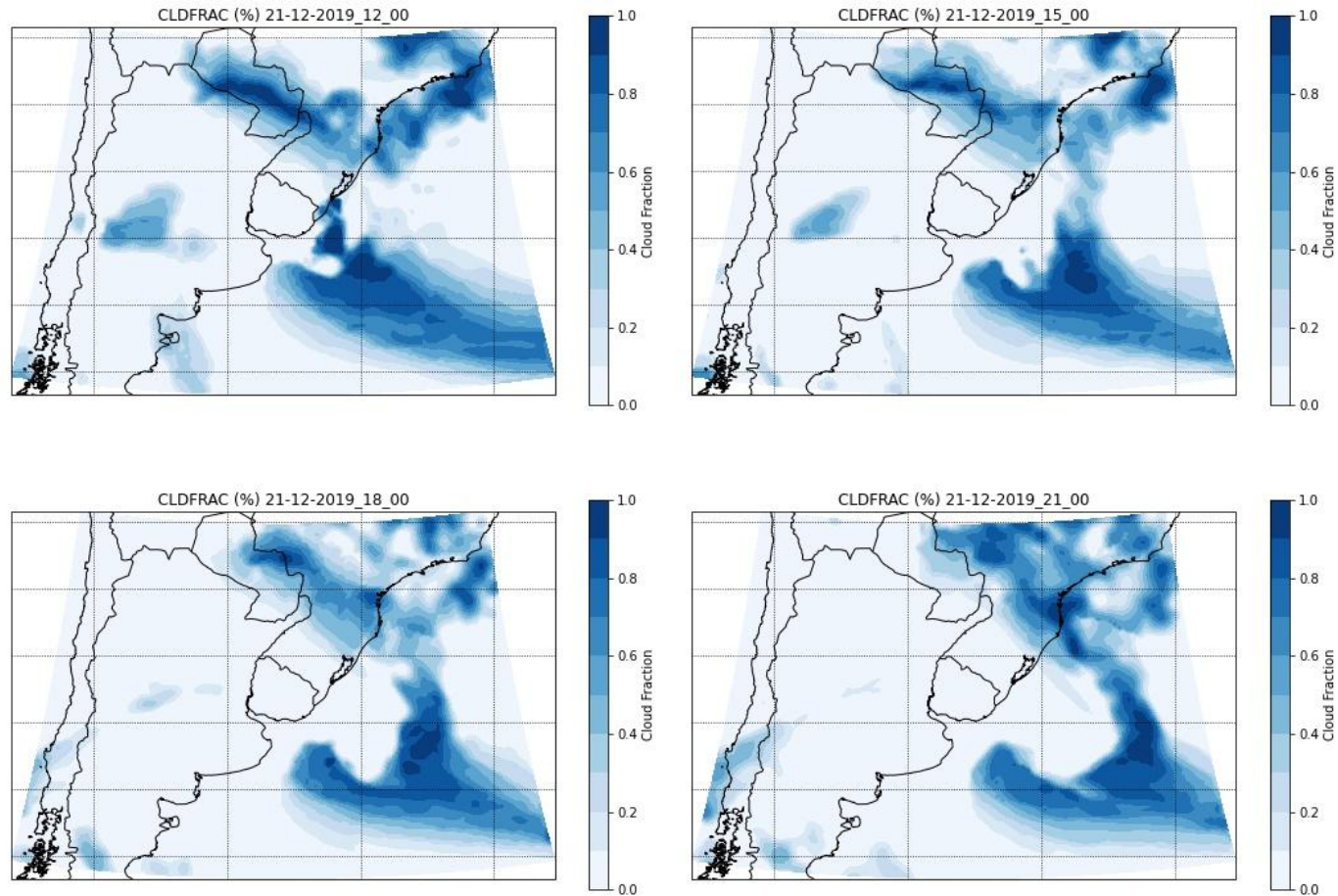
CLDFRA Nubes altas, 21/12/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - High-Level Clouds



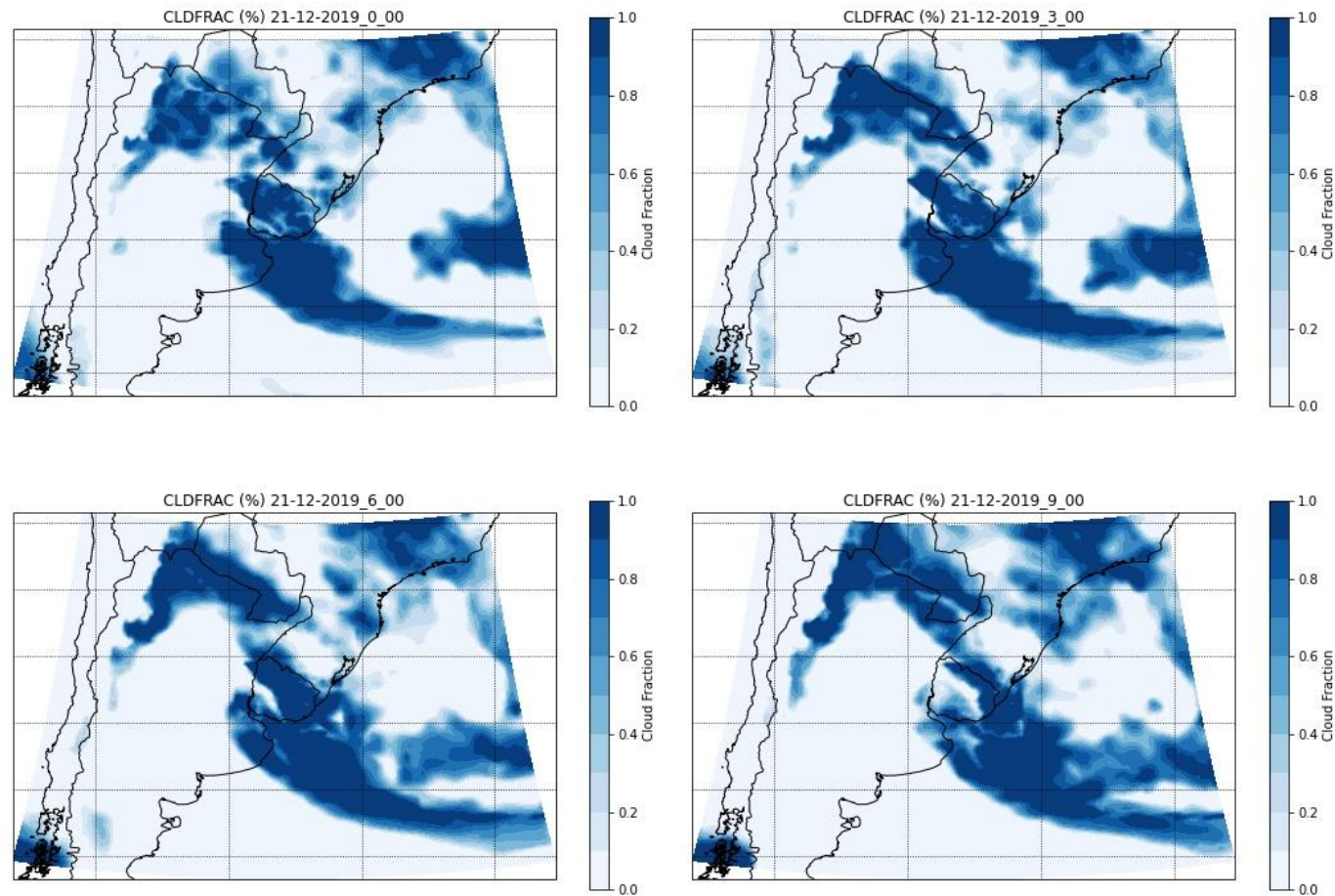
CLDFRA Nubes altas, 21/12/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - High-Level Clouds



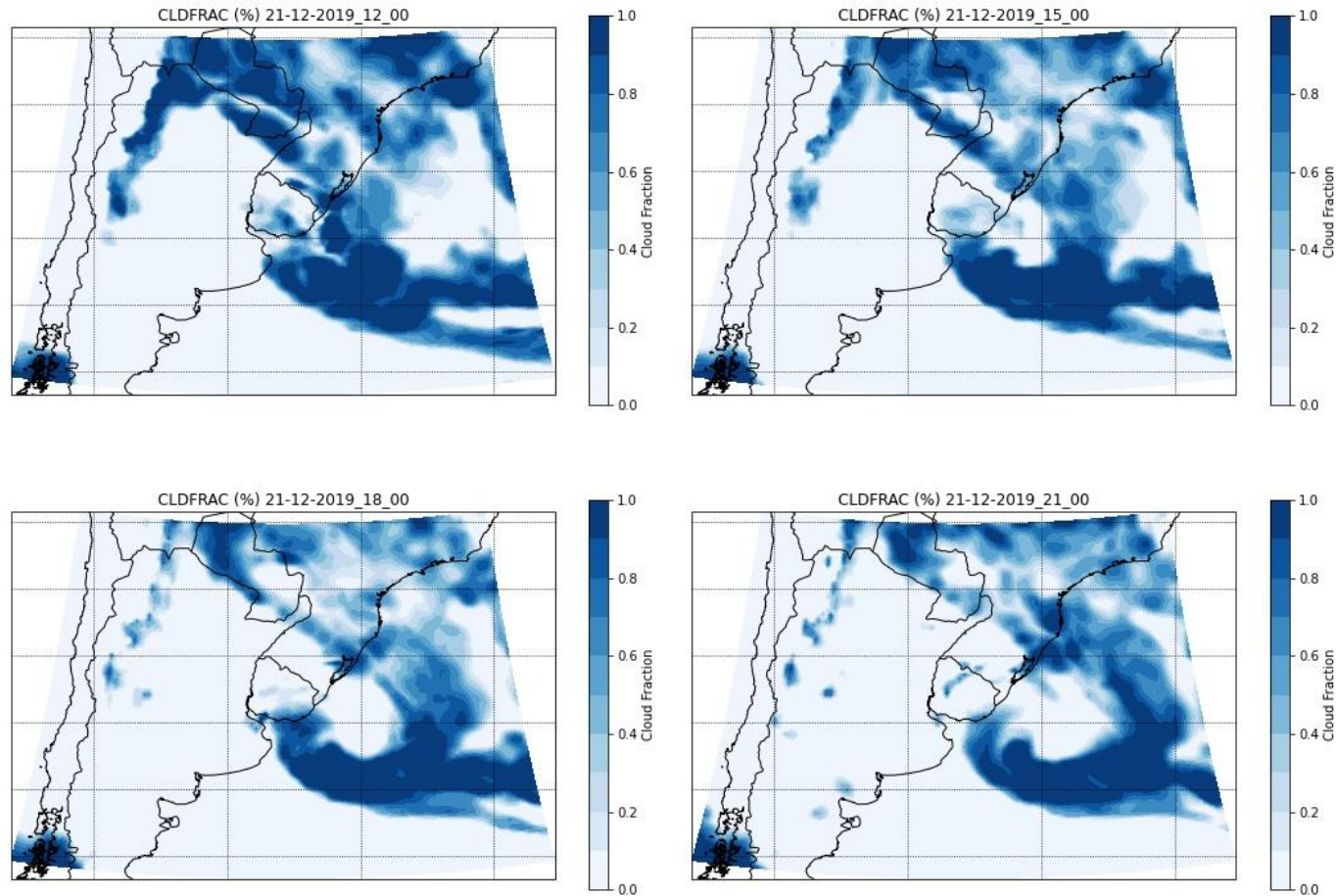
CLDFRA Nubes medias, 21/12/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Mid-Level Clouds



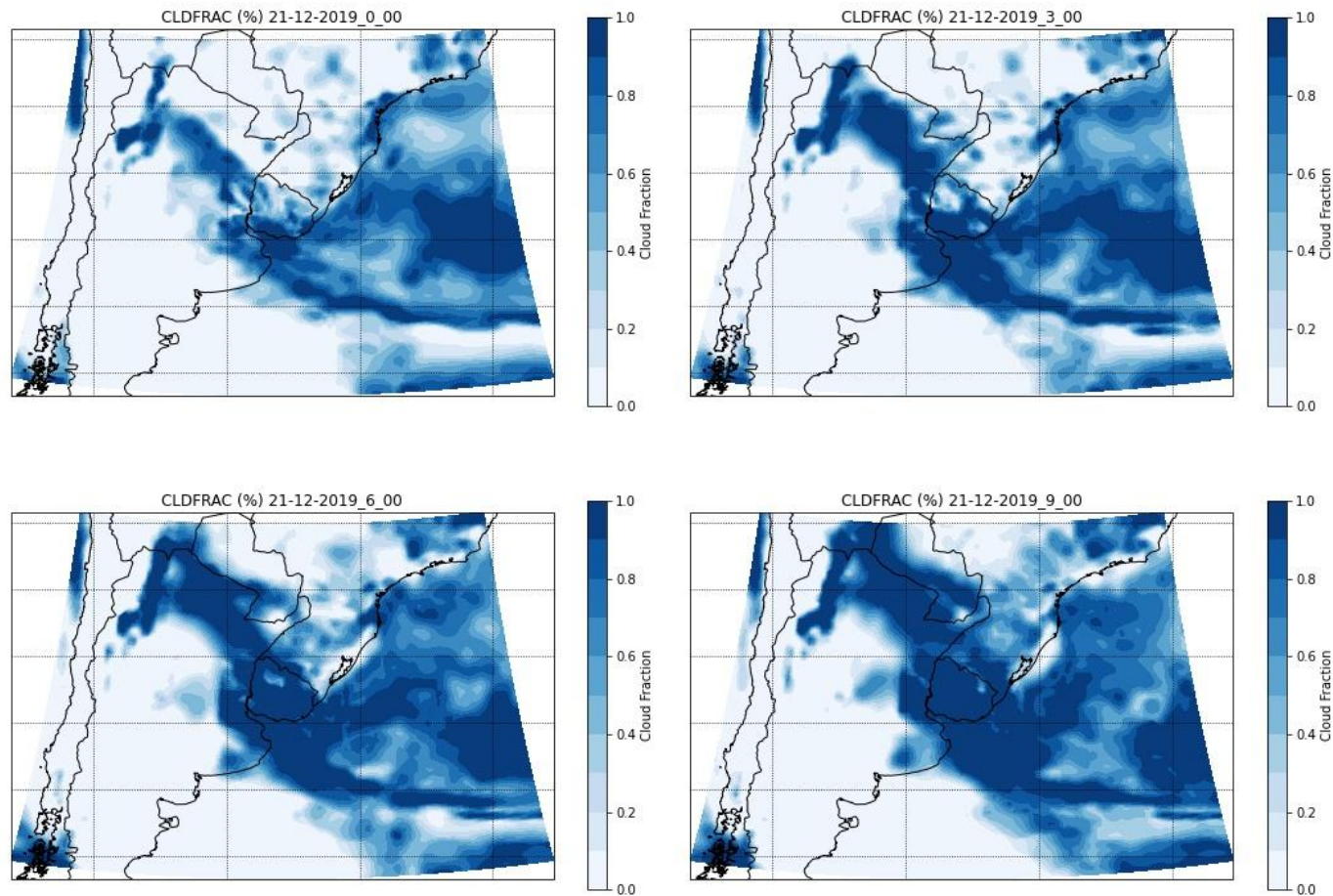
CLDFRA Nubes medias, 21/12/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Mid-Level Clouds



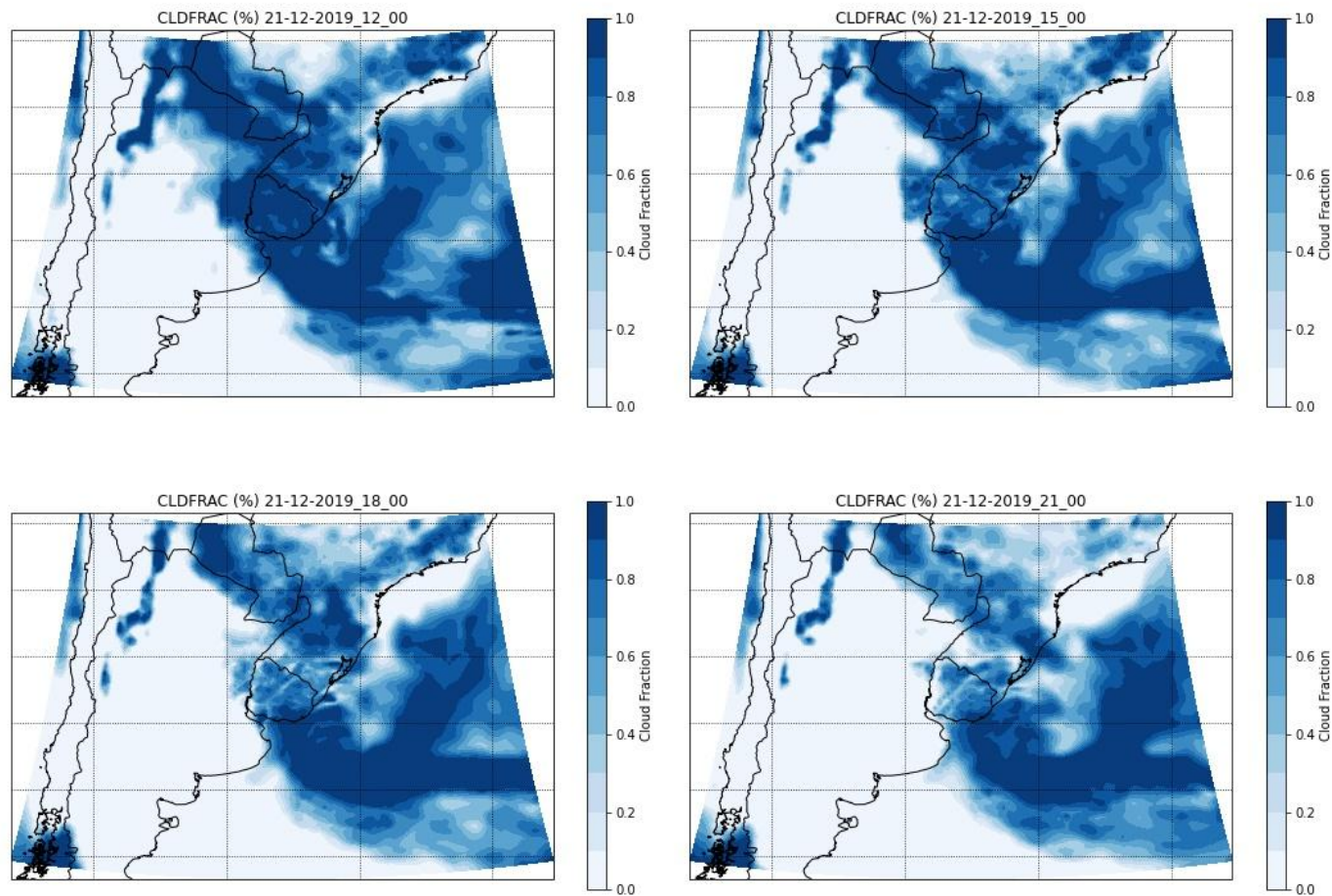
CLDFRA Nubes bajas, 21/12/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Low-Level Clouds

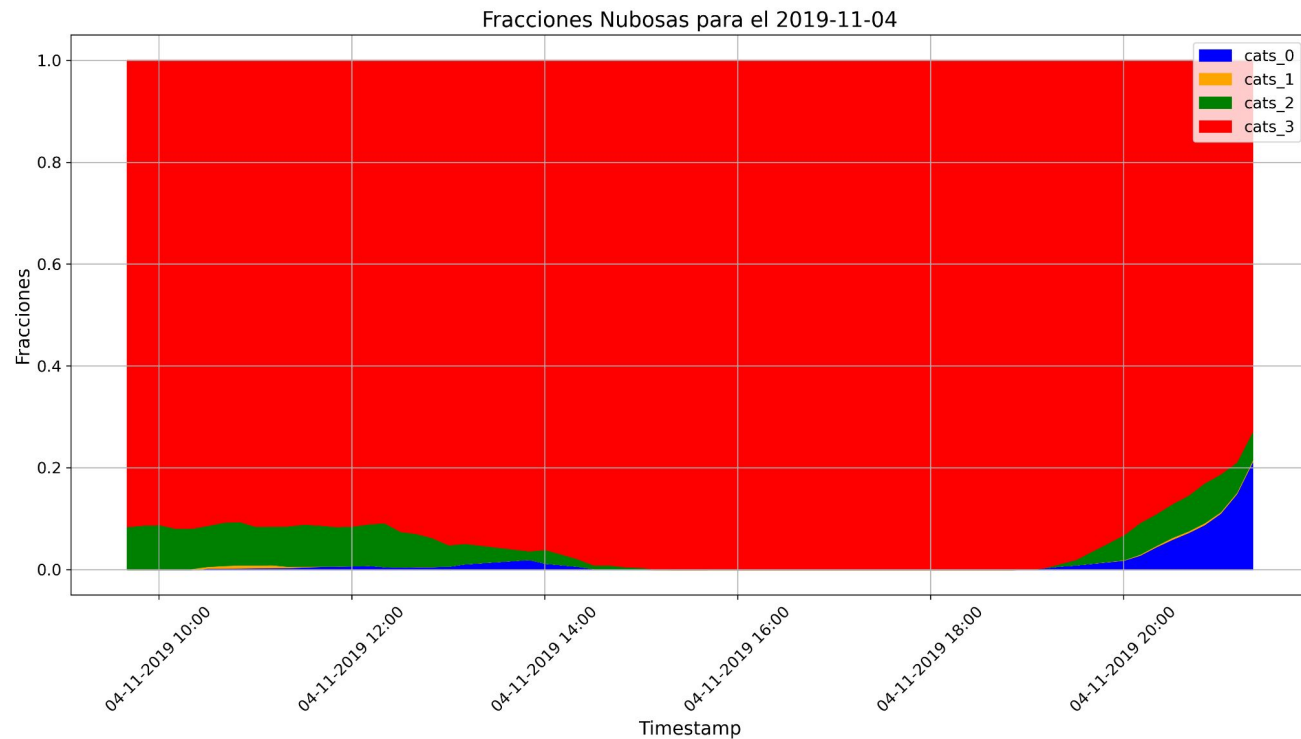


CLDFRA Nubes bajas, 21/12/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Low-Level Clouds



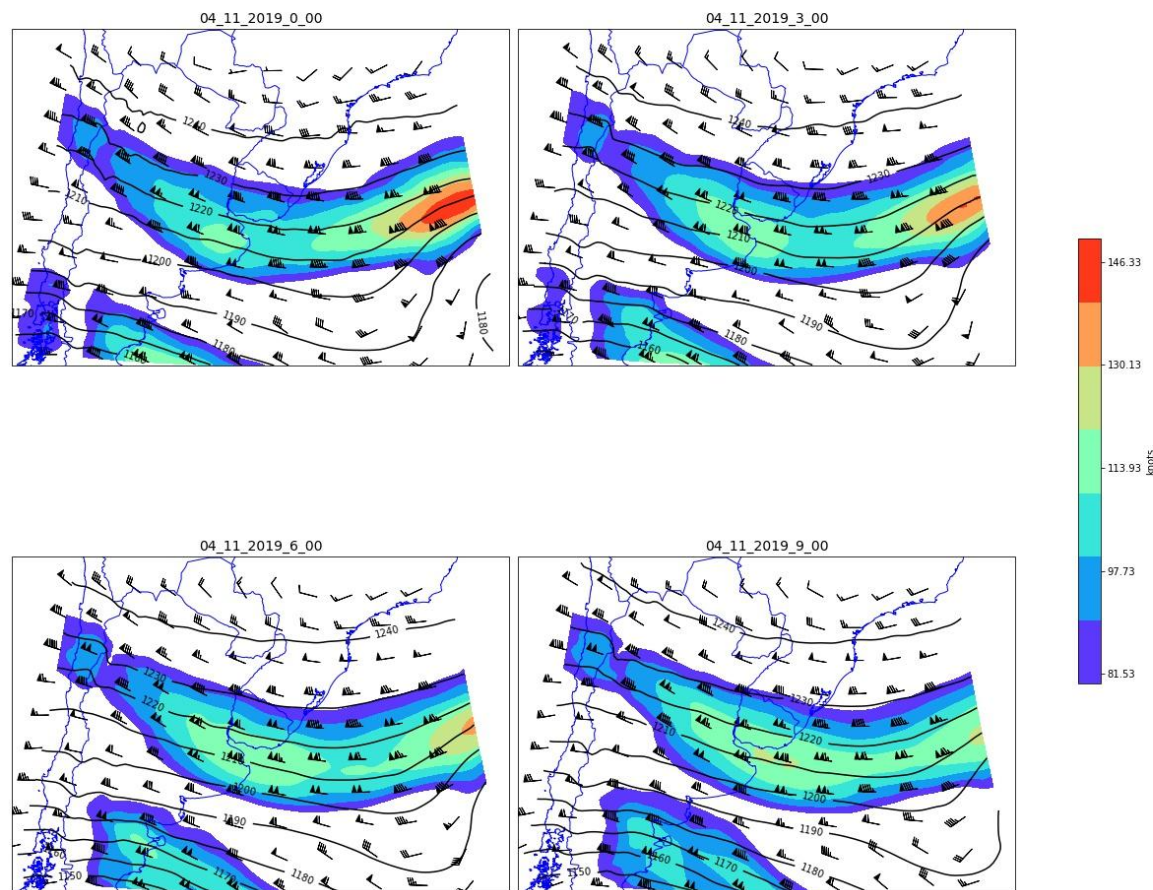
Análisis del evento del 4/11/2019



- $\max(fr_{cat\ 3}) = 1.00$. Dominio durante todo el día de la categoría 3, al fin del día comienza contribución de categoría 0.

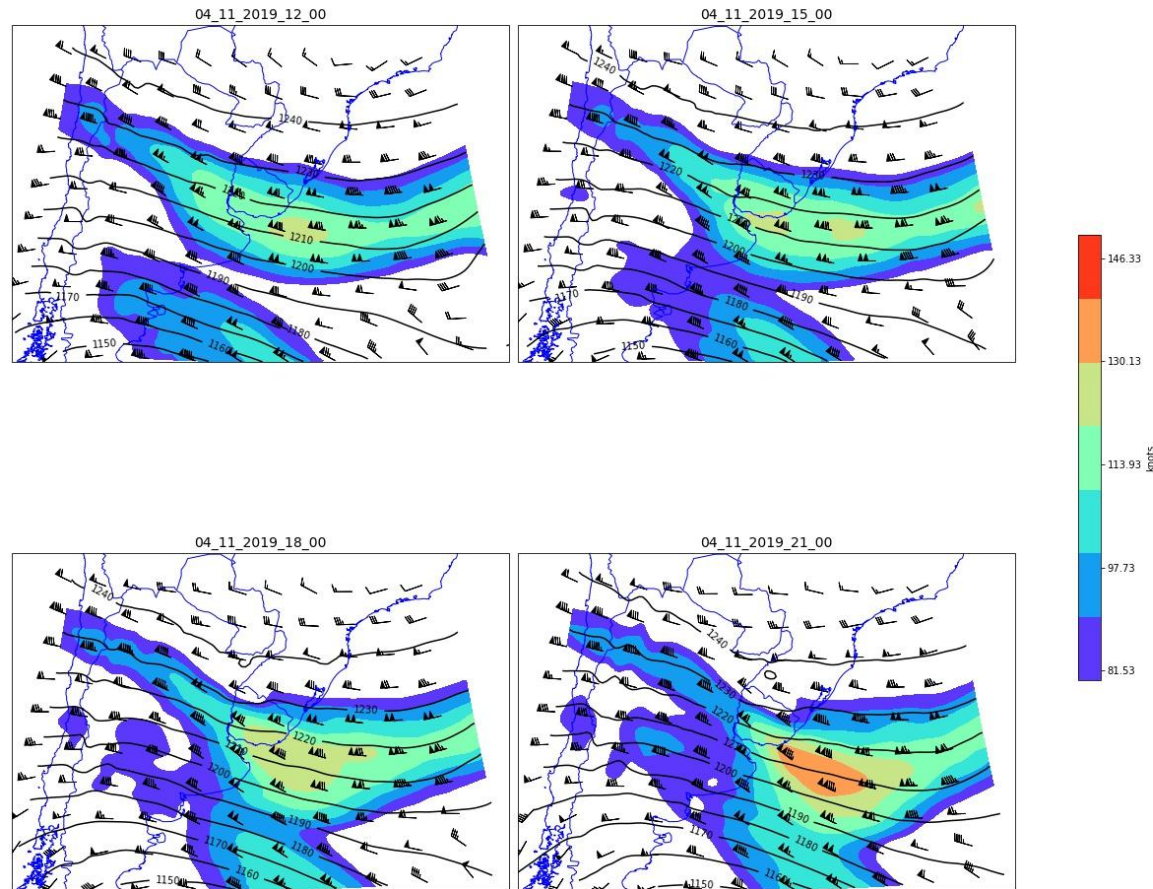
v200 y Z200, 4/11/2019 horas de la mañana

Viento 200 hPa y Z200



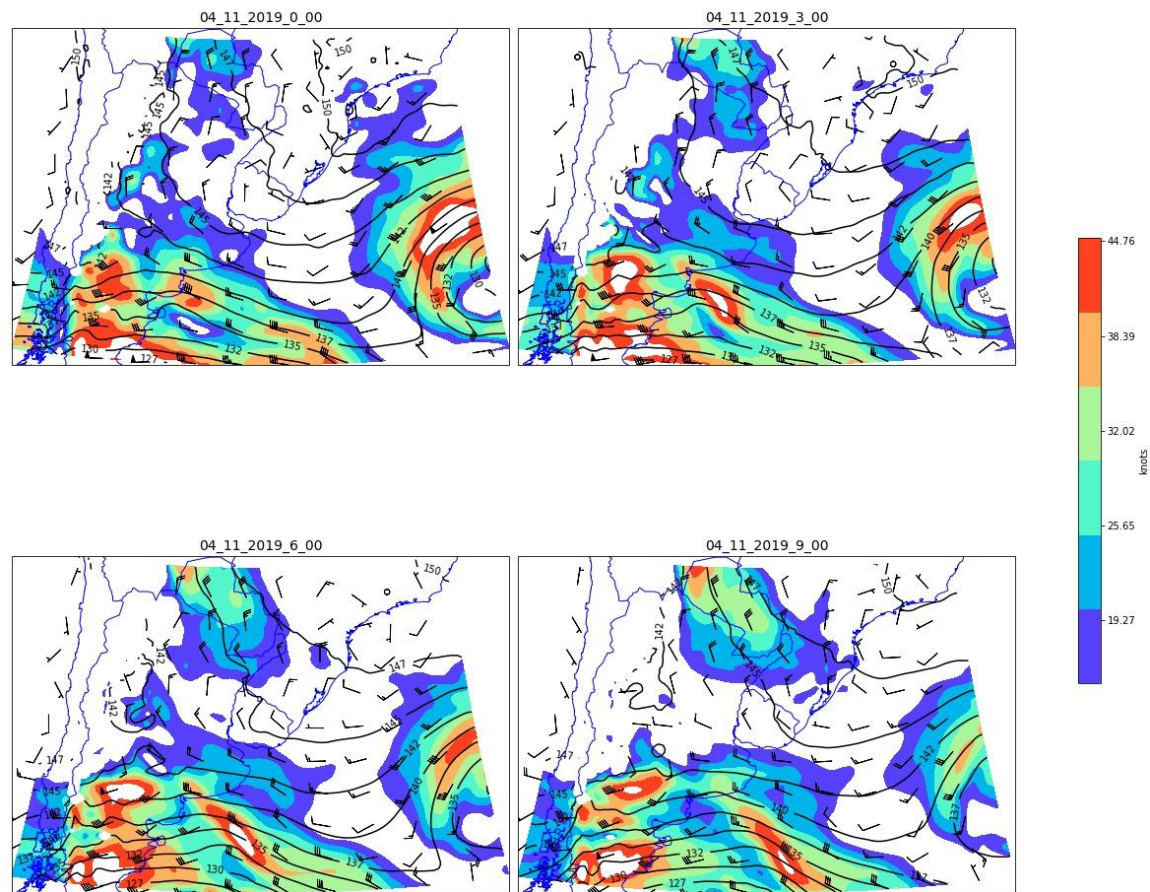
v200 y Z200, 4/11/2019 horas de la tarde

Viento 200 hPa y Z200



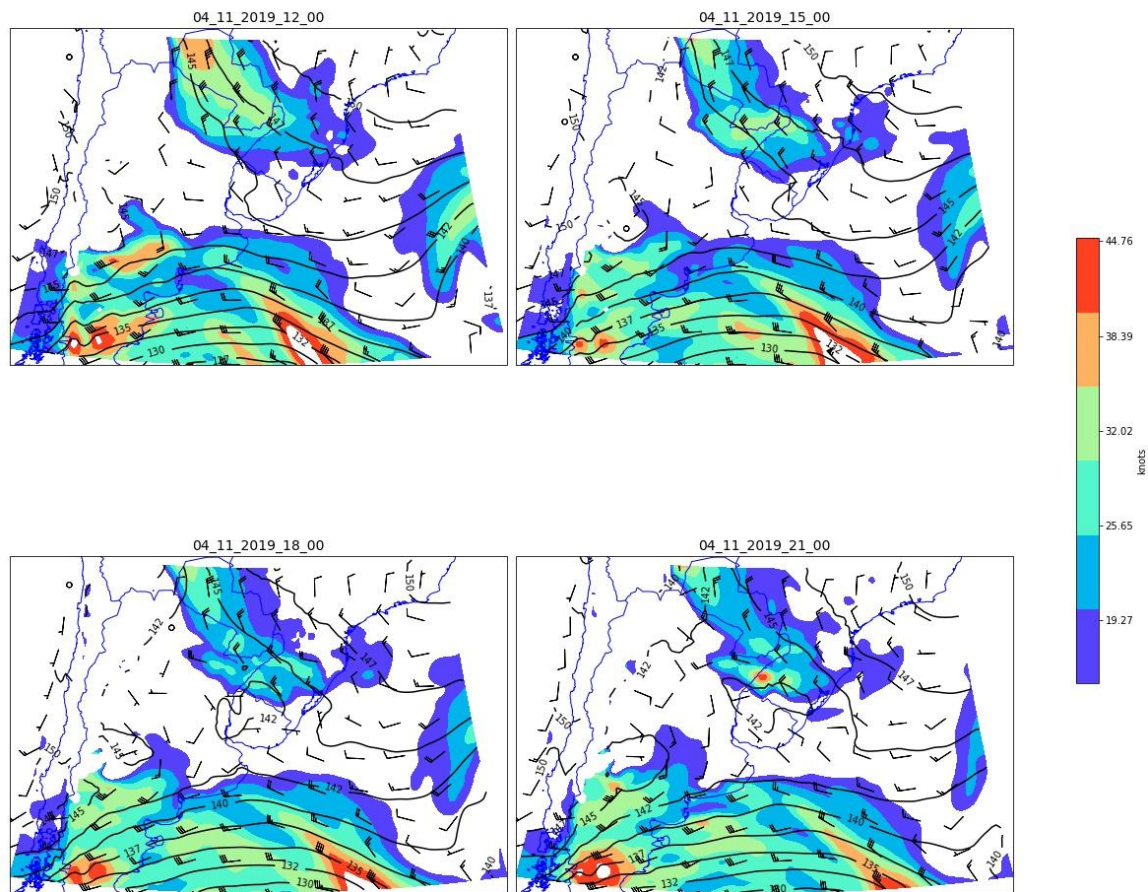
v850 y Z850, 4/11/2019 horas de la mañana

Viento 850 hPa y Z850

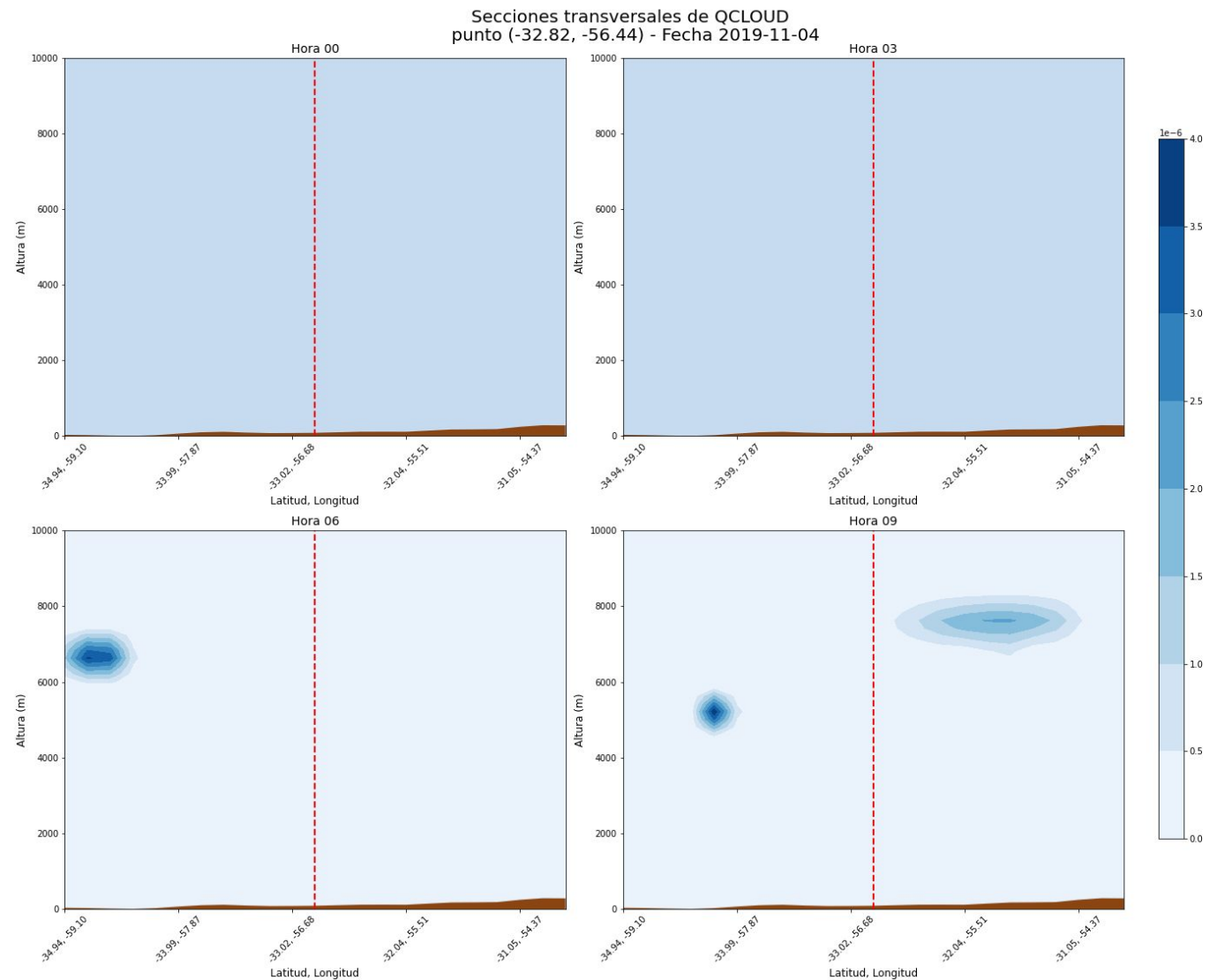


v850 y Z850, 4/11/2019 horas de la tarde

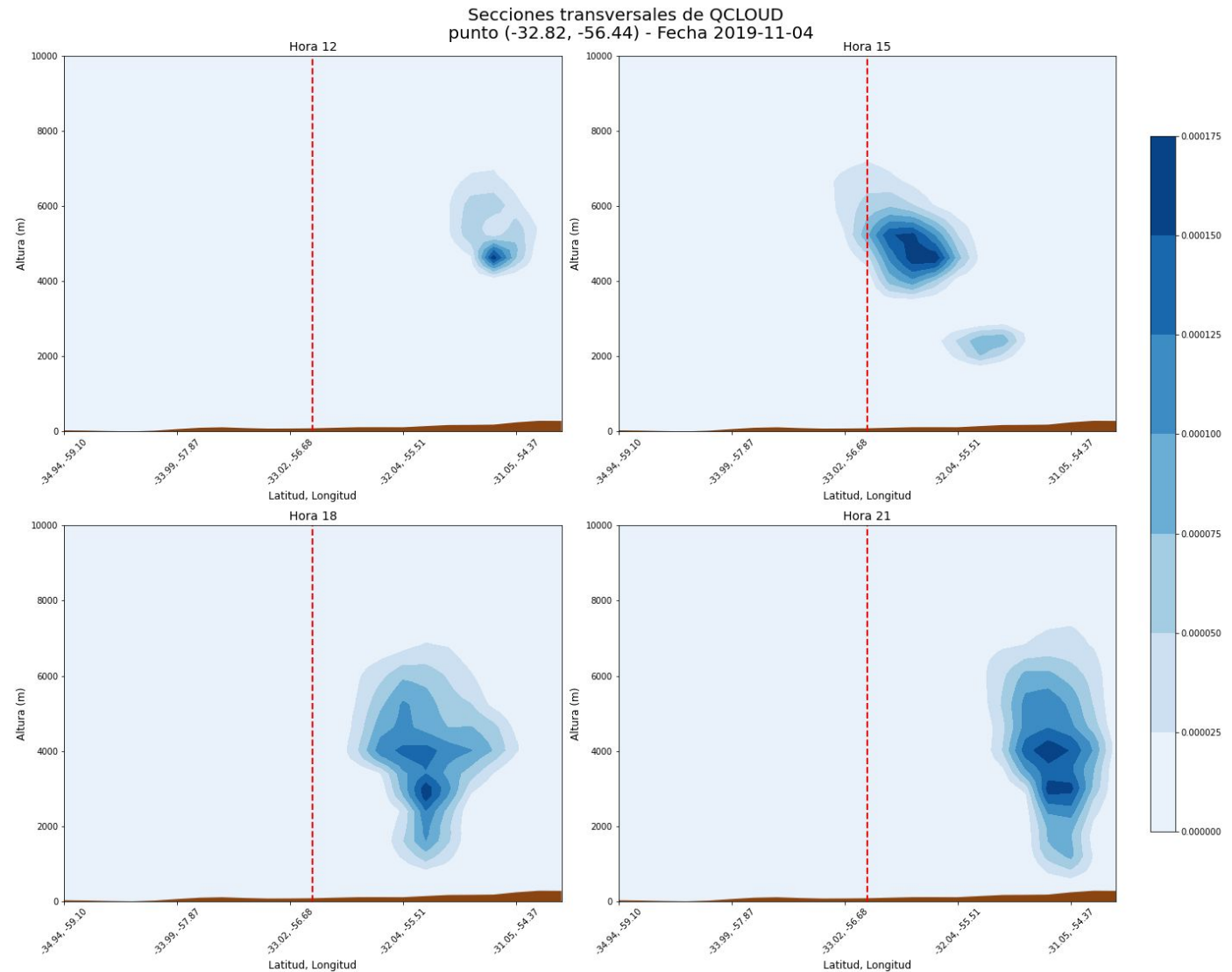
Viento 850 hPa y Z850



Sección transversal QCLOUD, 4/11/2019 horas de la mañana

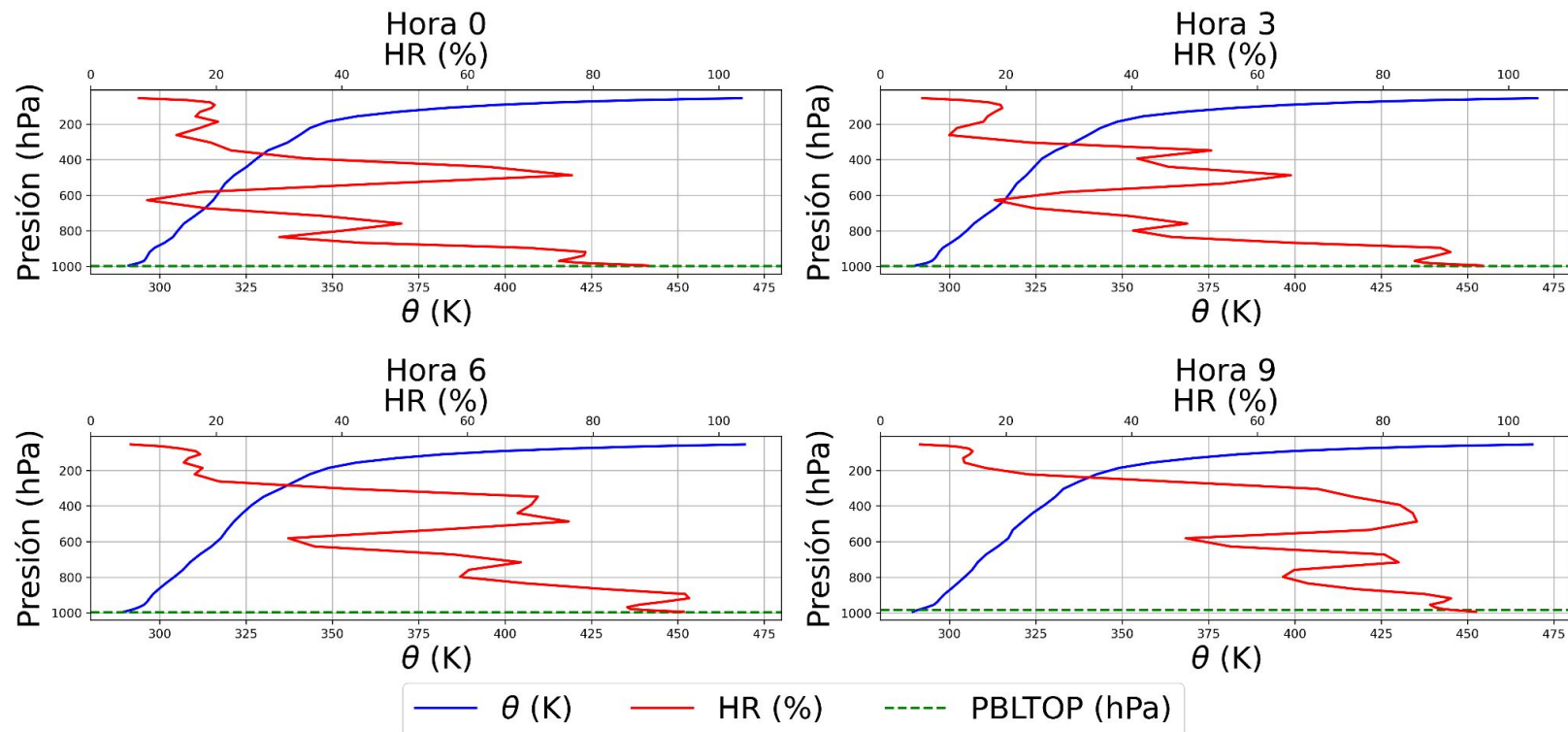


Sección transversal QCLOUD, 4/11/2019 horas de la tarde



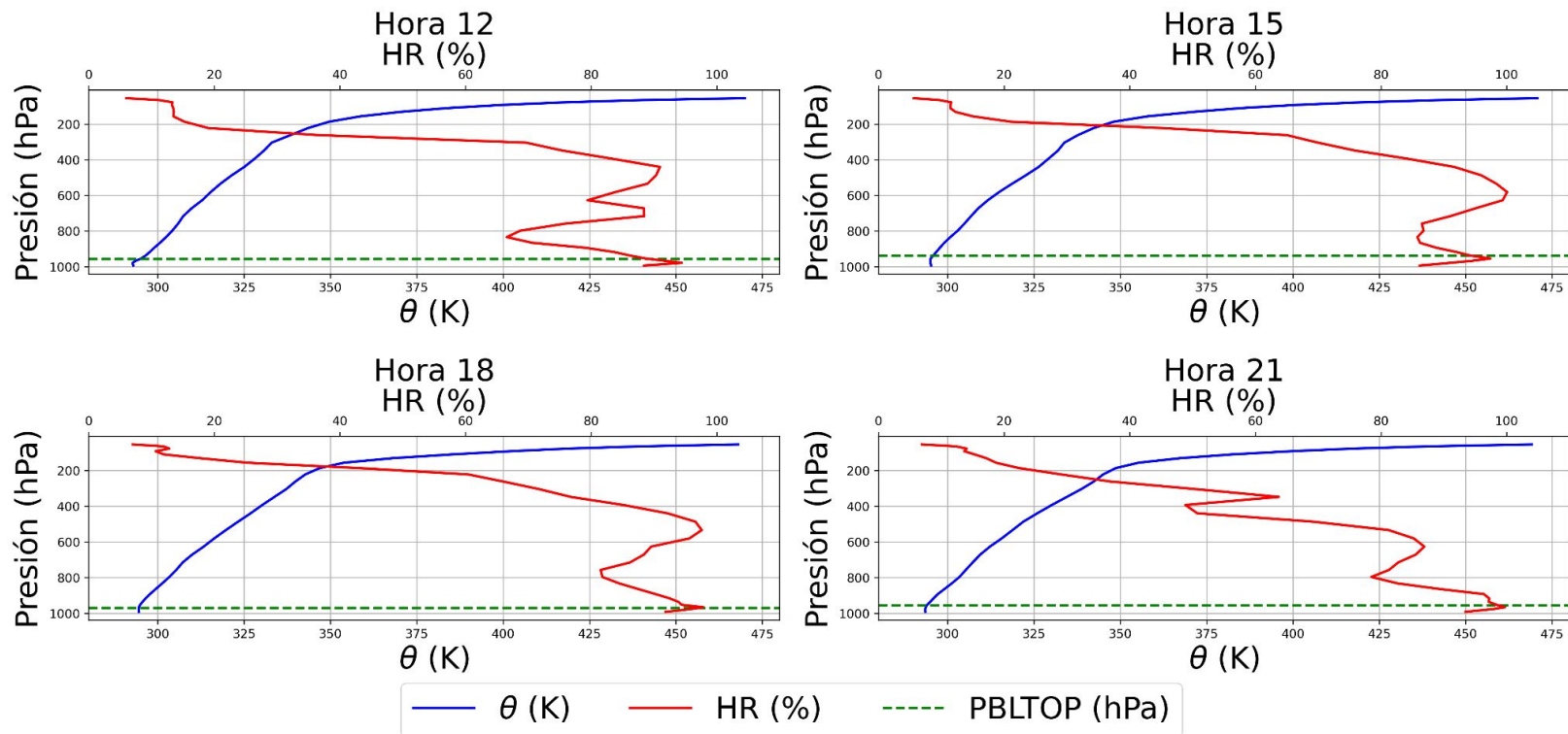
Perfiles verticales Θ , HR y PBLTOP, 4/11/2019 horas de la mañana

Perfiles Verticales para el 04-11-2019 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Perfiles verticales Θ , HR y PBLTOP, 4/11/2019 horas de la tarde

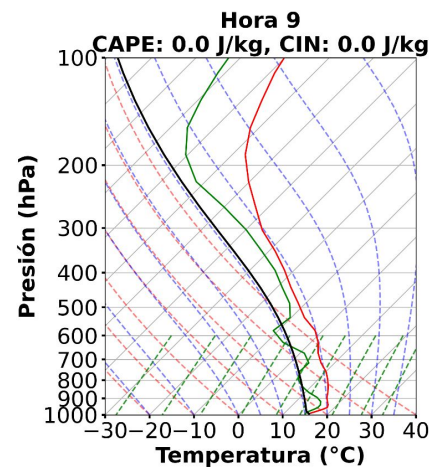
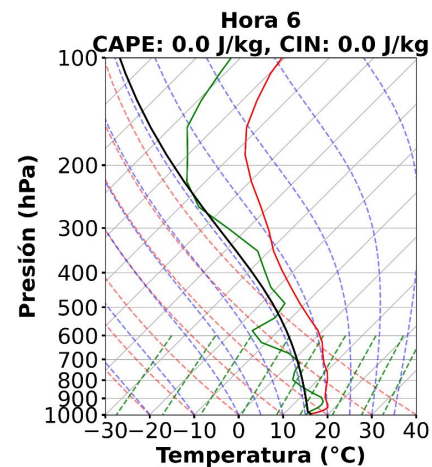
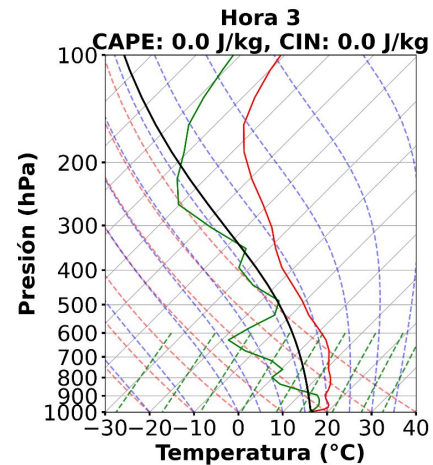
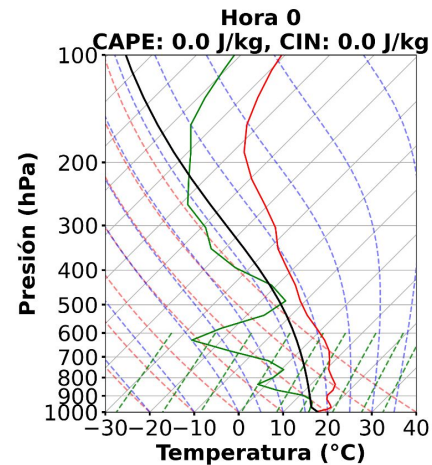
Perfiles Verticales para el 04-11-2019 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Diagramas SkewT - Lp, 4/11/2019 horas de la mañana

SkewT-logP : 04-11-2019

Lat: -32.82, Lon: -56.44

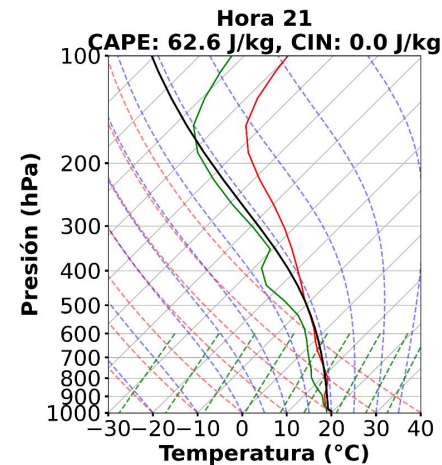
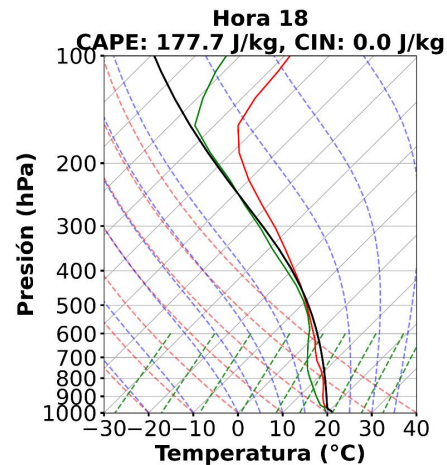
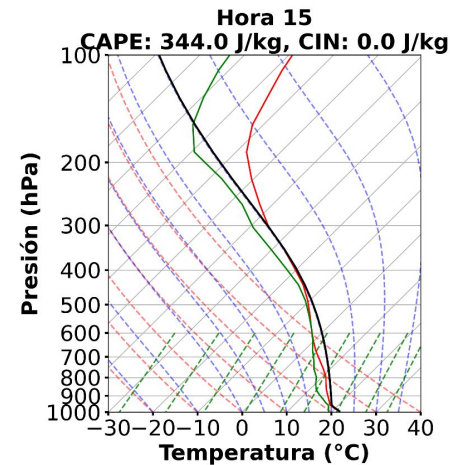
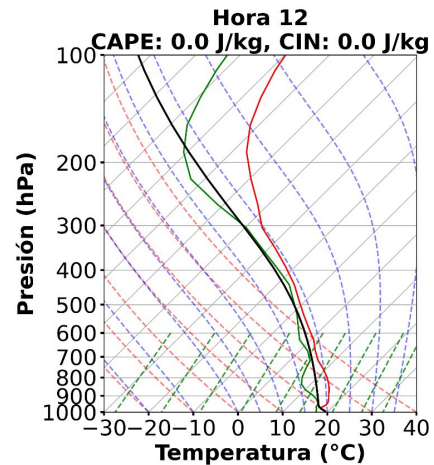


— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

Diagramas SkewT - Lp, 4/11/2019 horas de la tarde

SkewT-logP : 04-11-2019

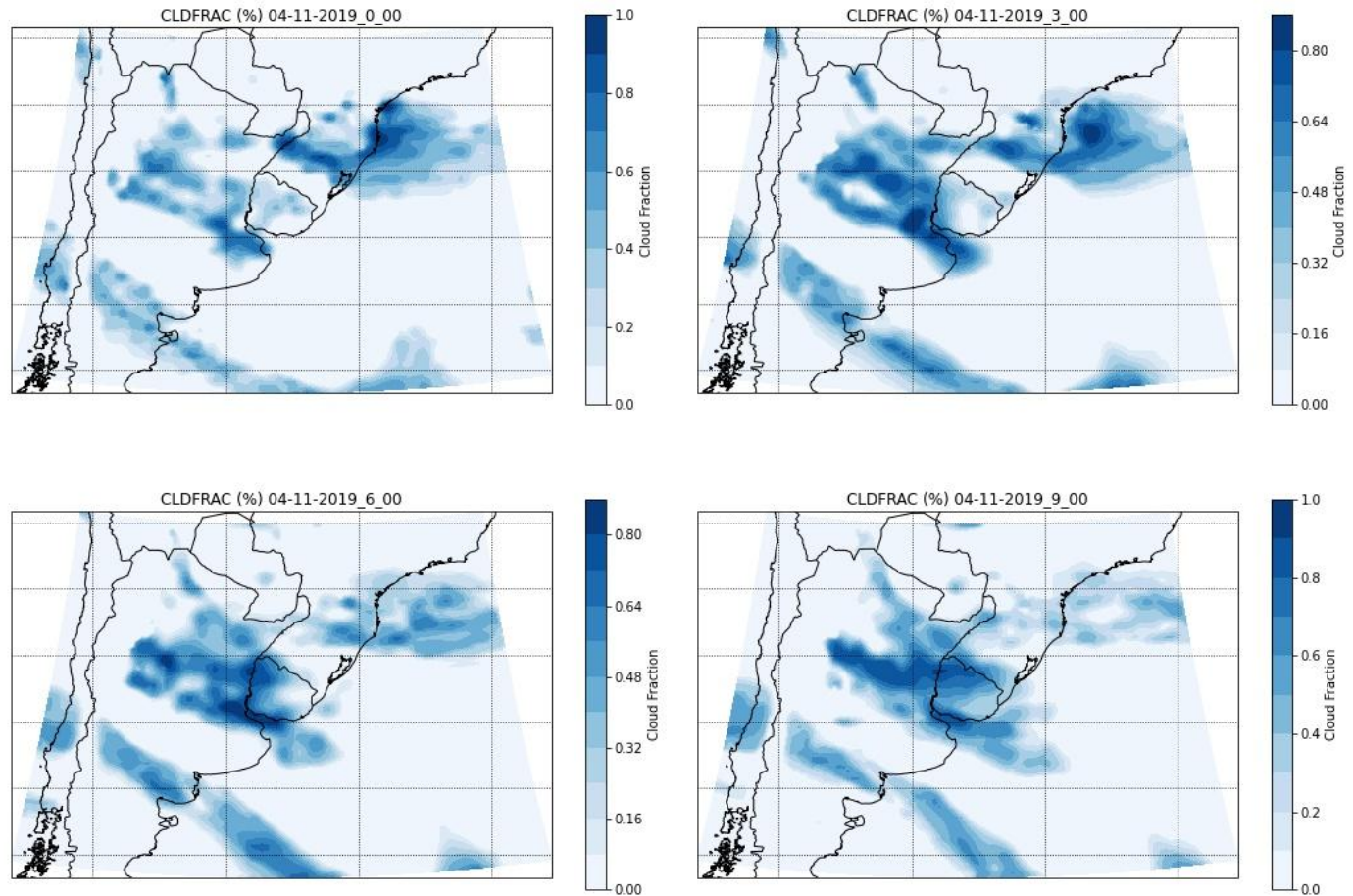
Lat: -32.82, Lon: -56.44



— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

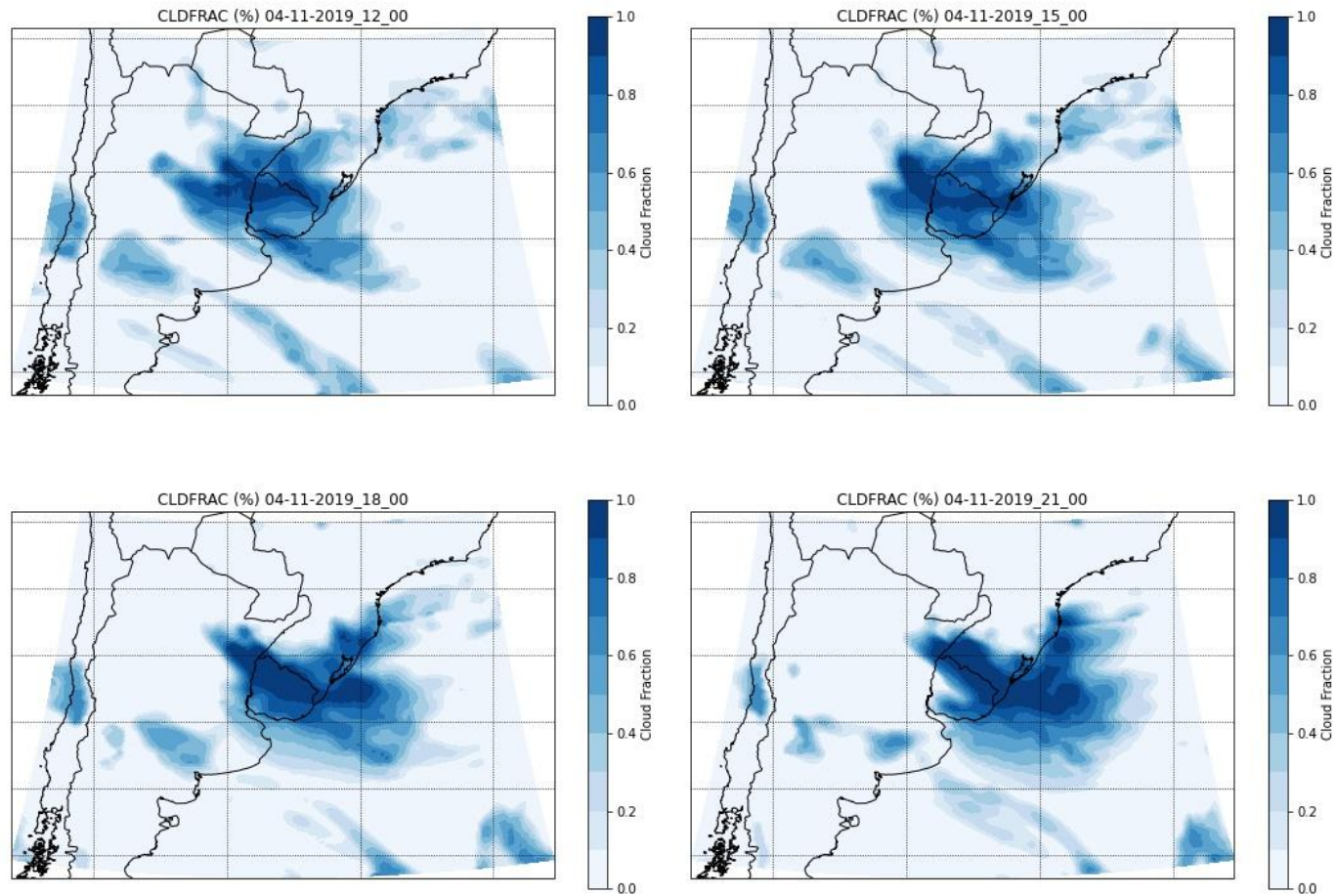
CLDFRA Nubes altas, 4/11/2019 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - High-Level Clouds



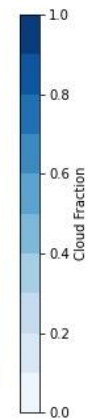
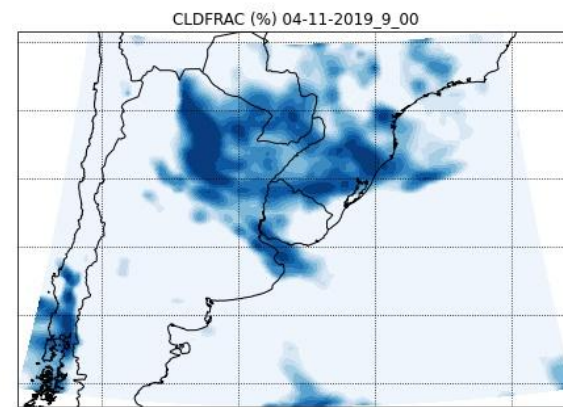
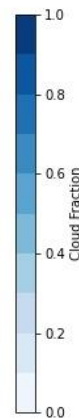
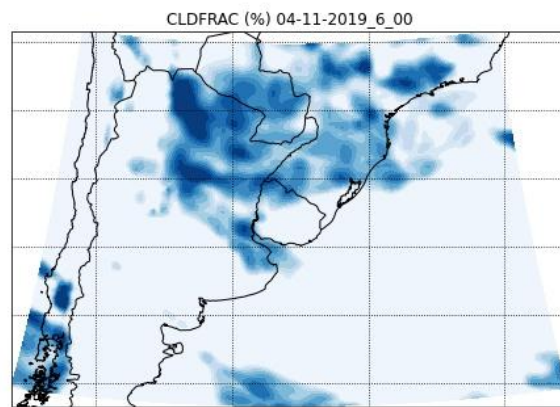
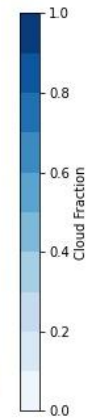
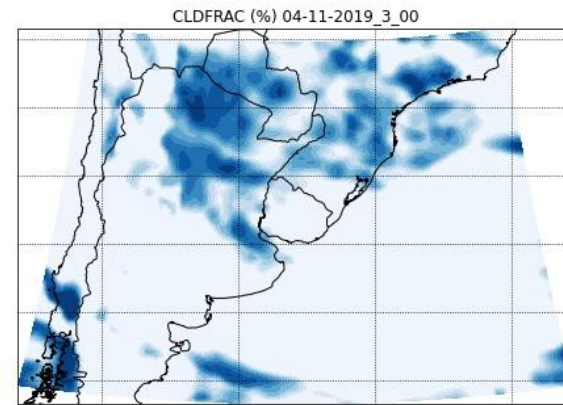
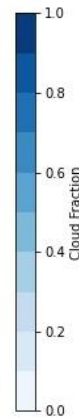
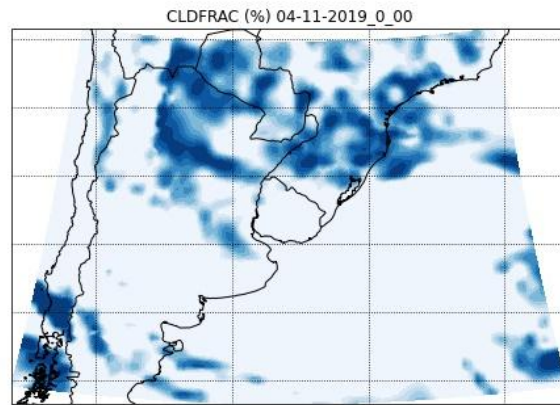
CLDFRA Nubes altas, 4/11/2019 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - High-Level Clouds



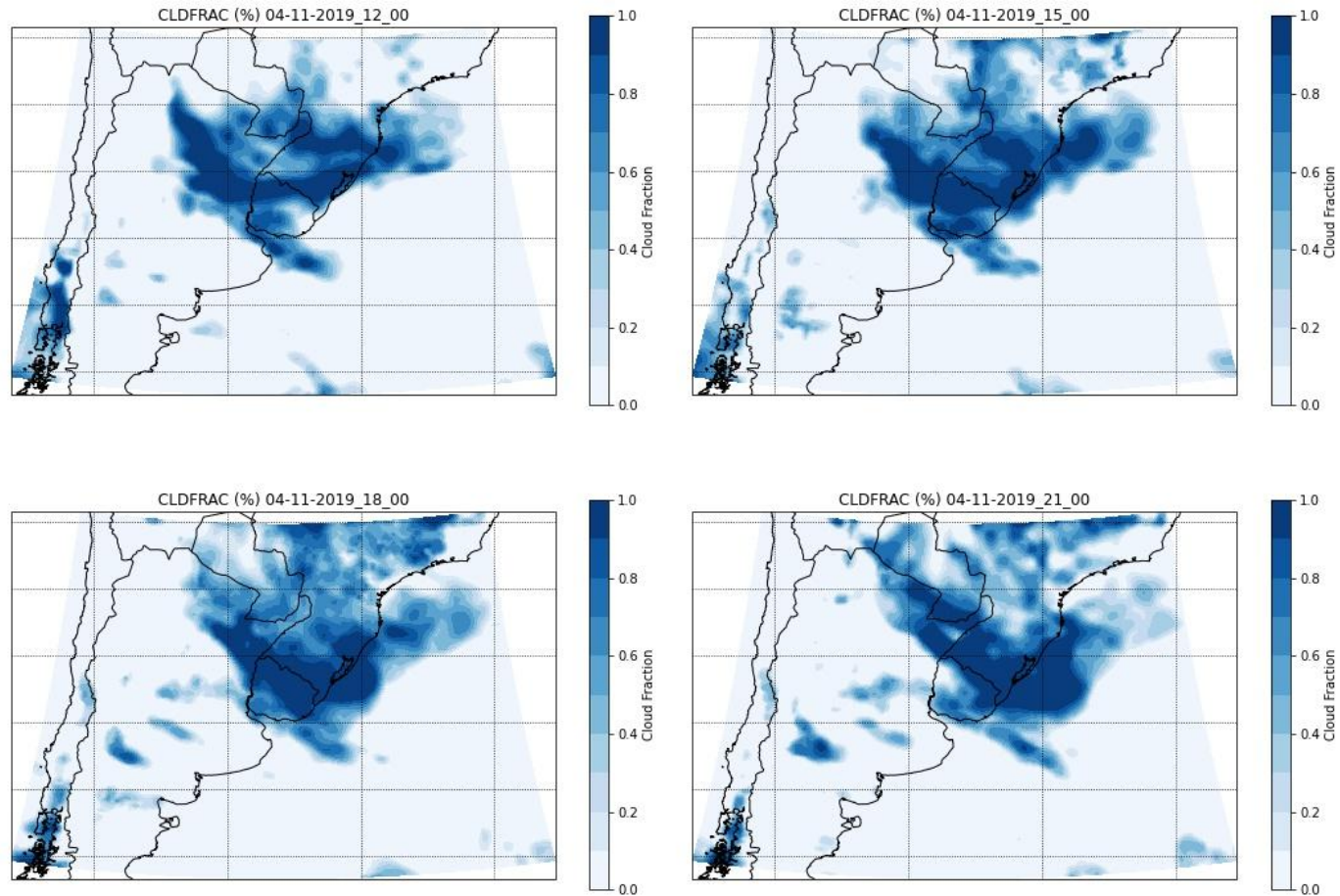
CLDFRA Nubes medias, 4/11/2019 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Mid-Level Clouds



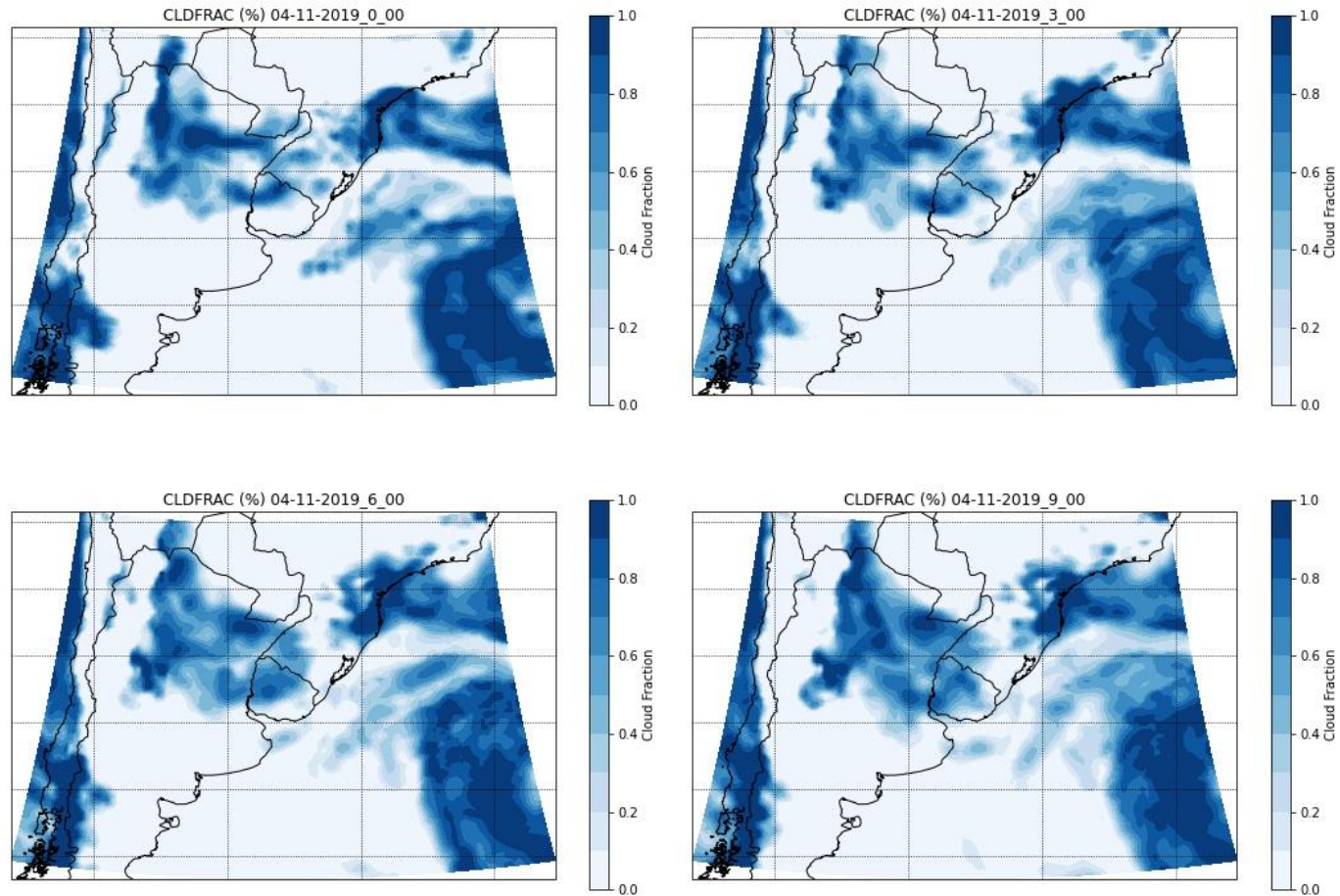
CLDFRA Nubes medias, 4/11/2019 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Mid-Level Clouds



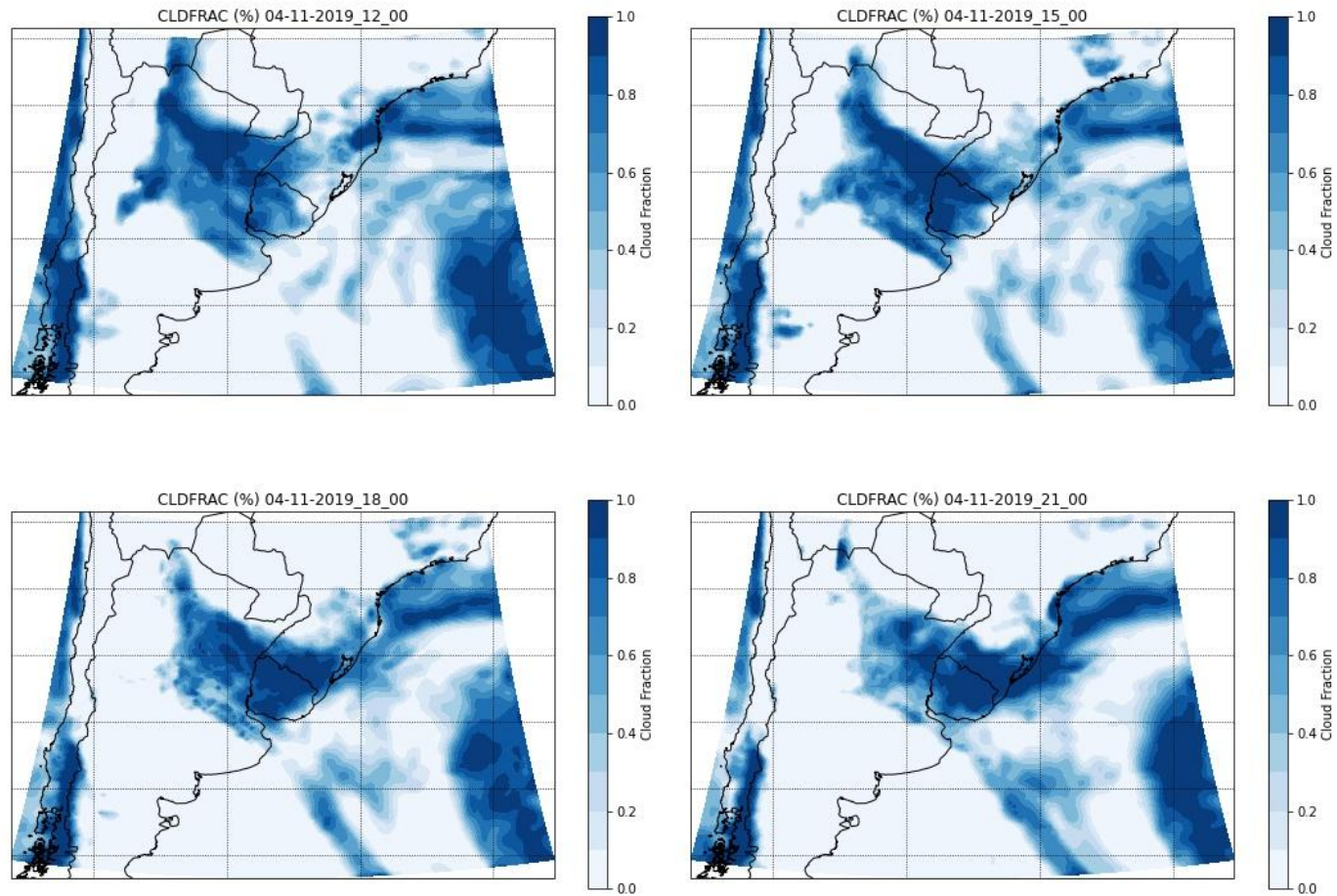
CLDFRA Nubes bajas, 4/11/2019 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Low-Level Clouds

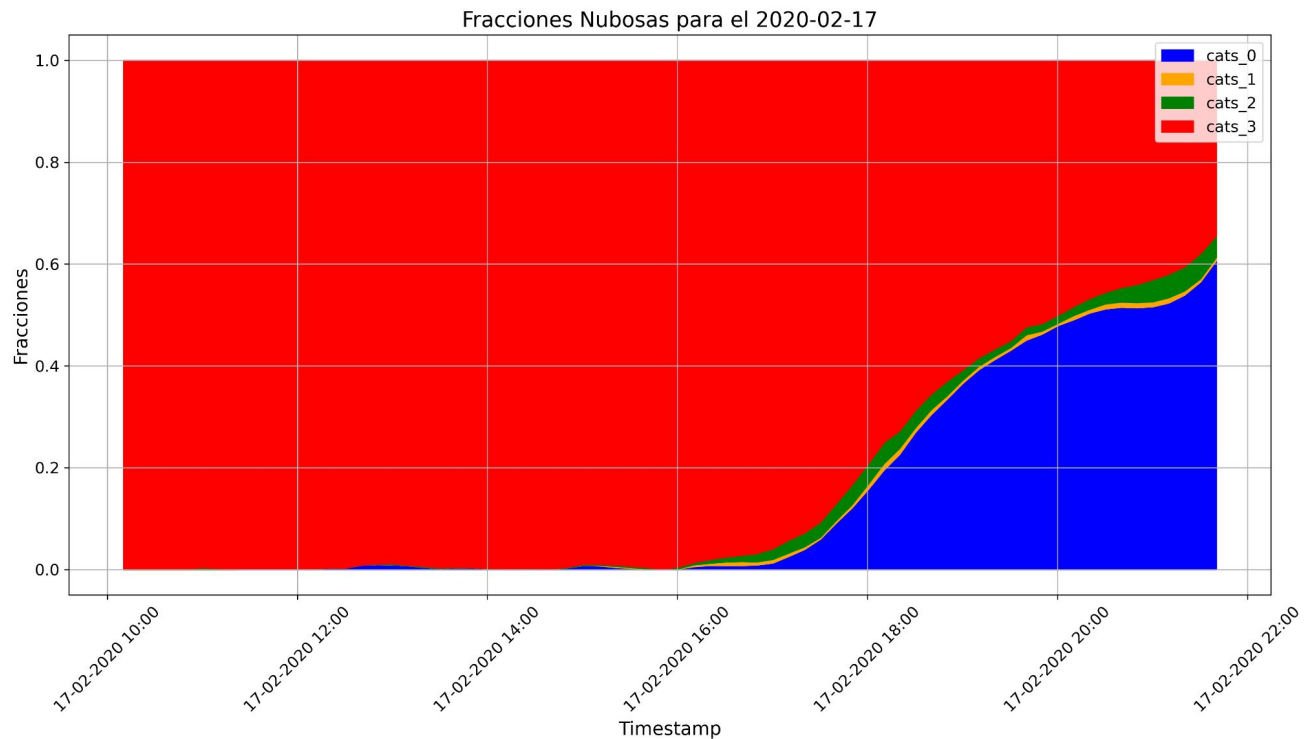


CLDFRA Nubes bajas, 4/11/2019 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Low-Level Clouds



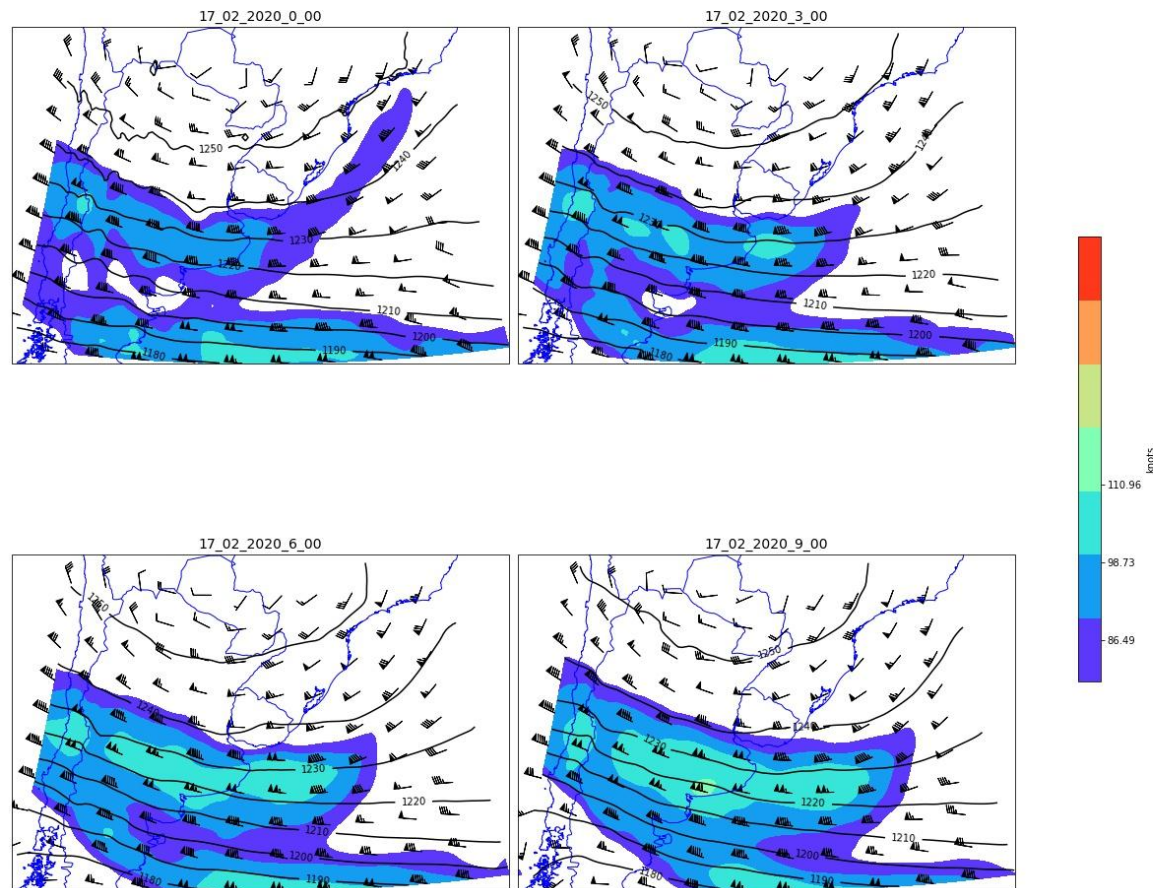
Análisis del evento del 17/2/2020



- $\max(fr_{cat\ 3}) = 1.00$. La nubosidad categoría 3 domina más de medio día, a partir de 16 horas comienza a dominar categoría 0.

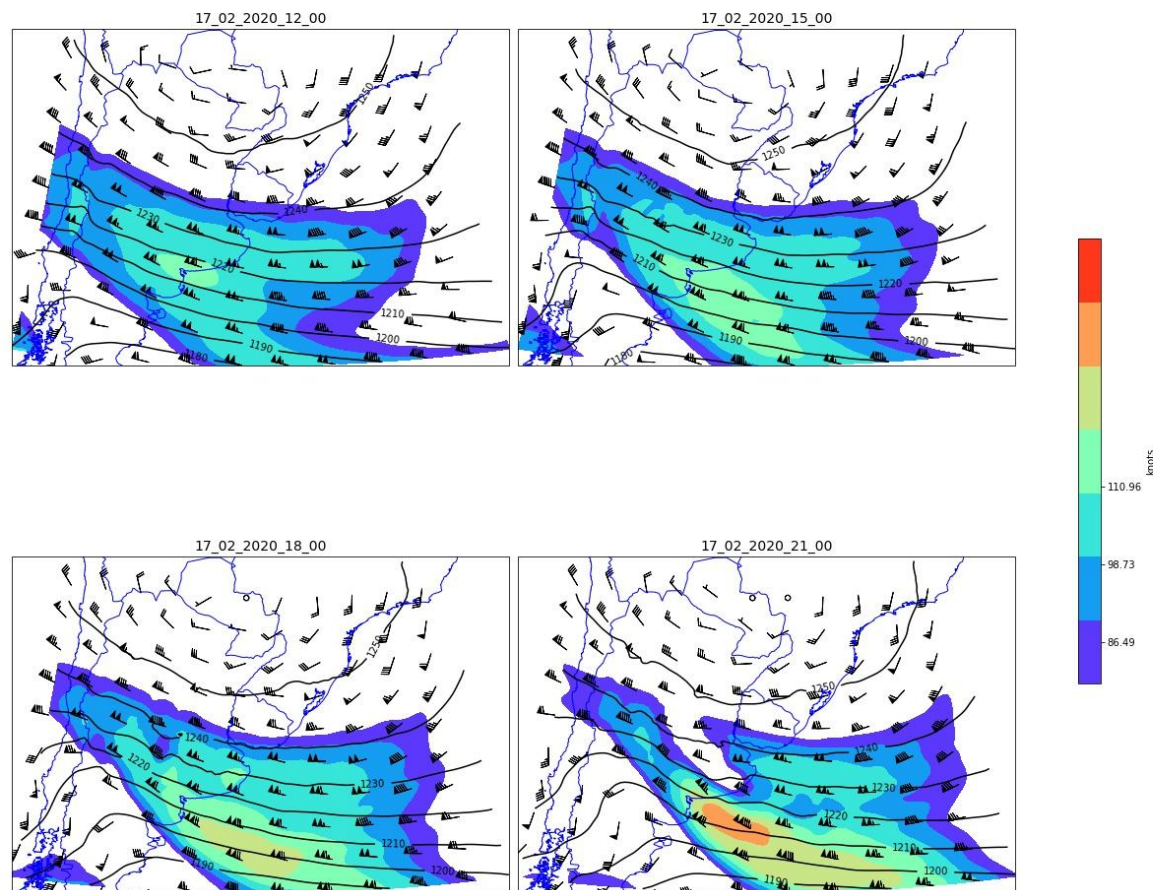
v200 y Z200, 17/2/2020 horas de la mañana

Viento 200 hPa y Z200



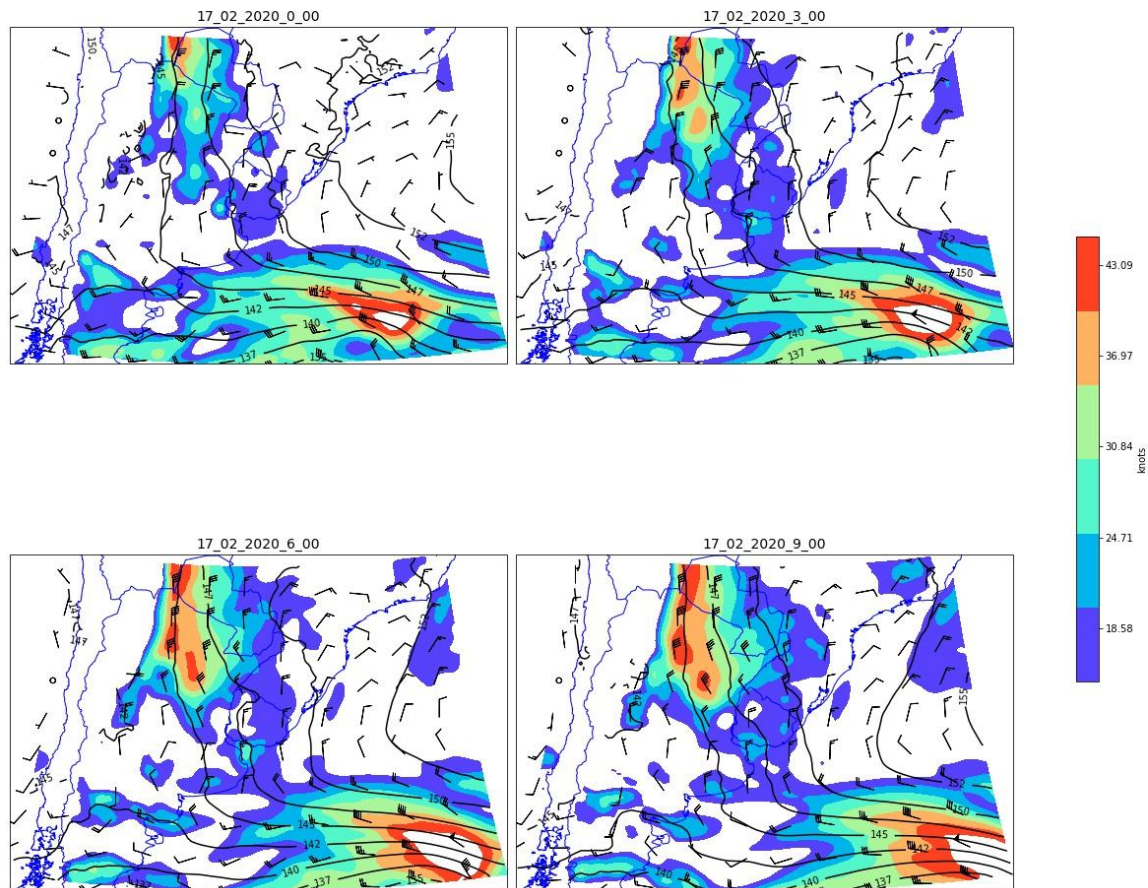
v200 y Z200, 17/2/2020 horas de la tarde

Viento 200 hPa y Z200



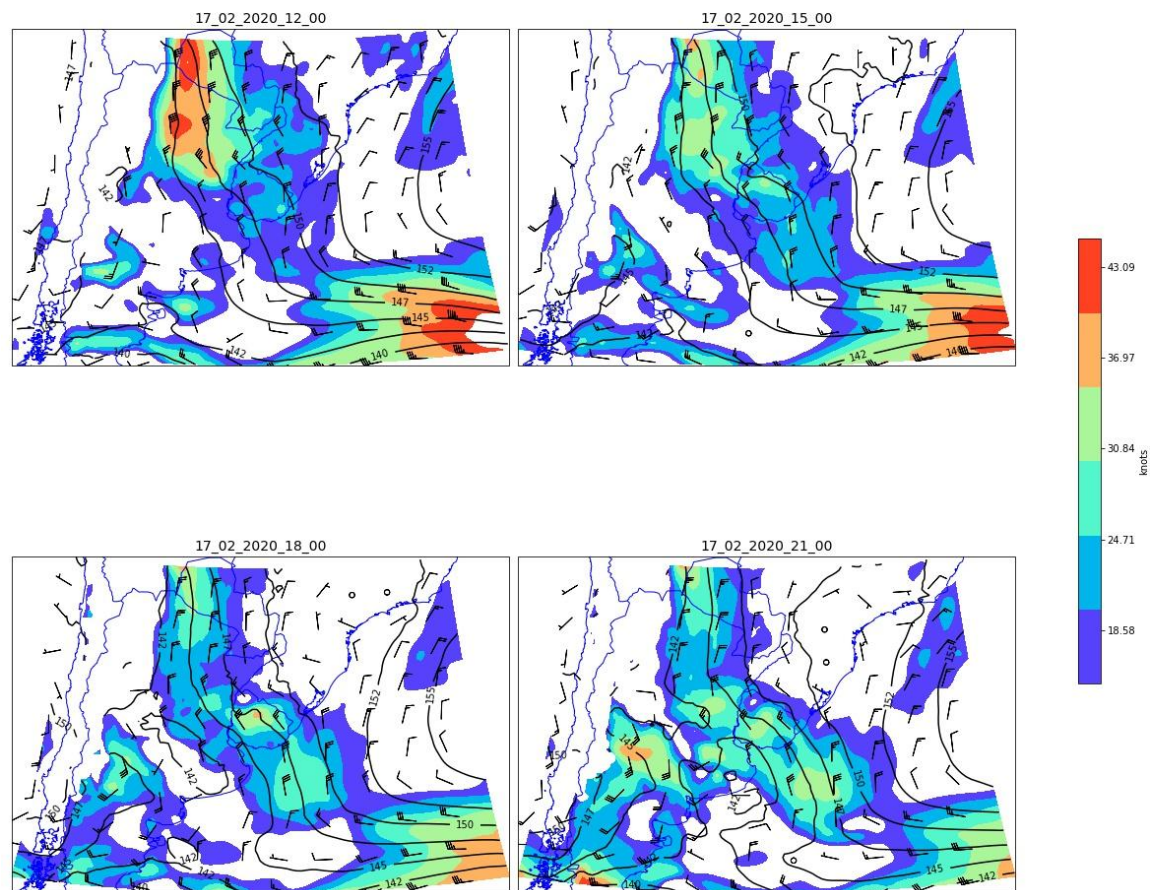
v850 y Z850, 17/2/2020 horas de la mañana

Viento 850 hPa y Z850

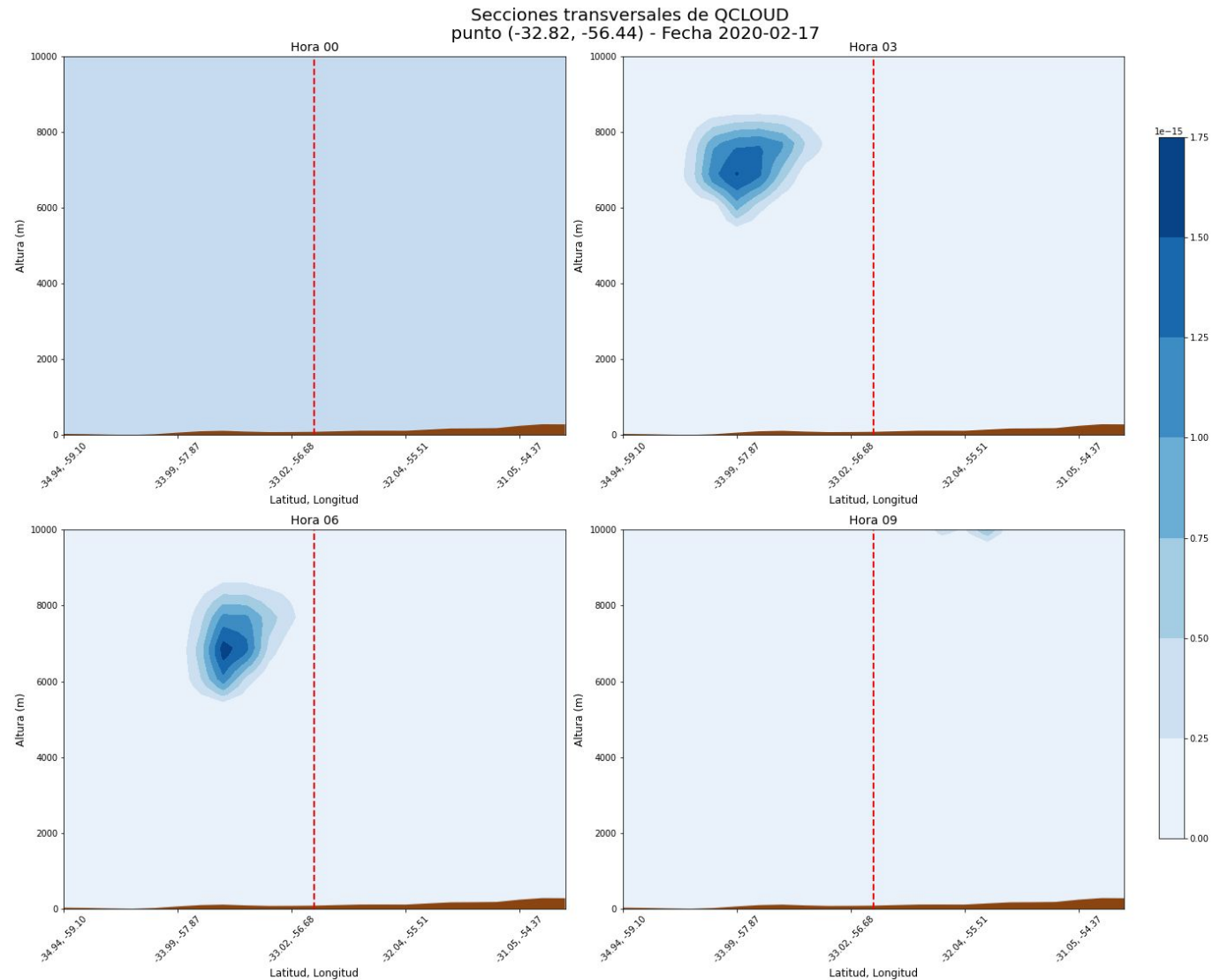


v850 y Z850, 17/2/2020 horas de la tarde

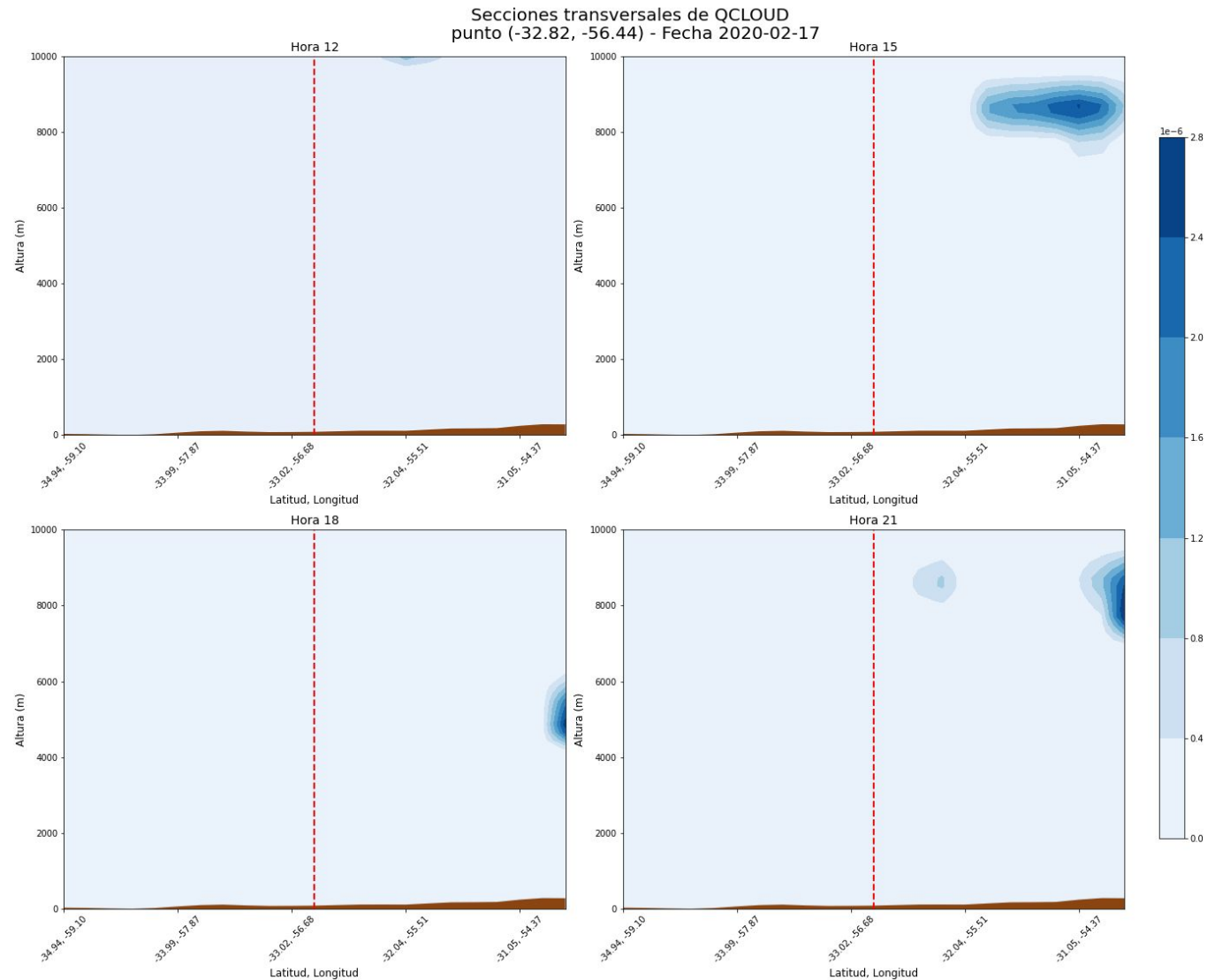
Viento 850 hPa y Z850



Sección transversal QCLOUD, 17/2/2020 horas de la mañana

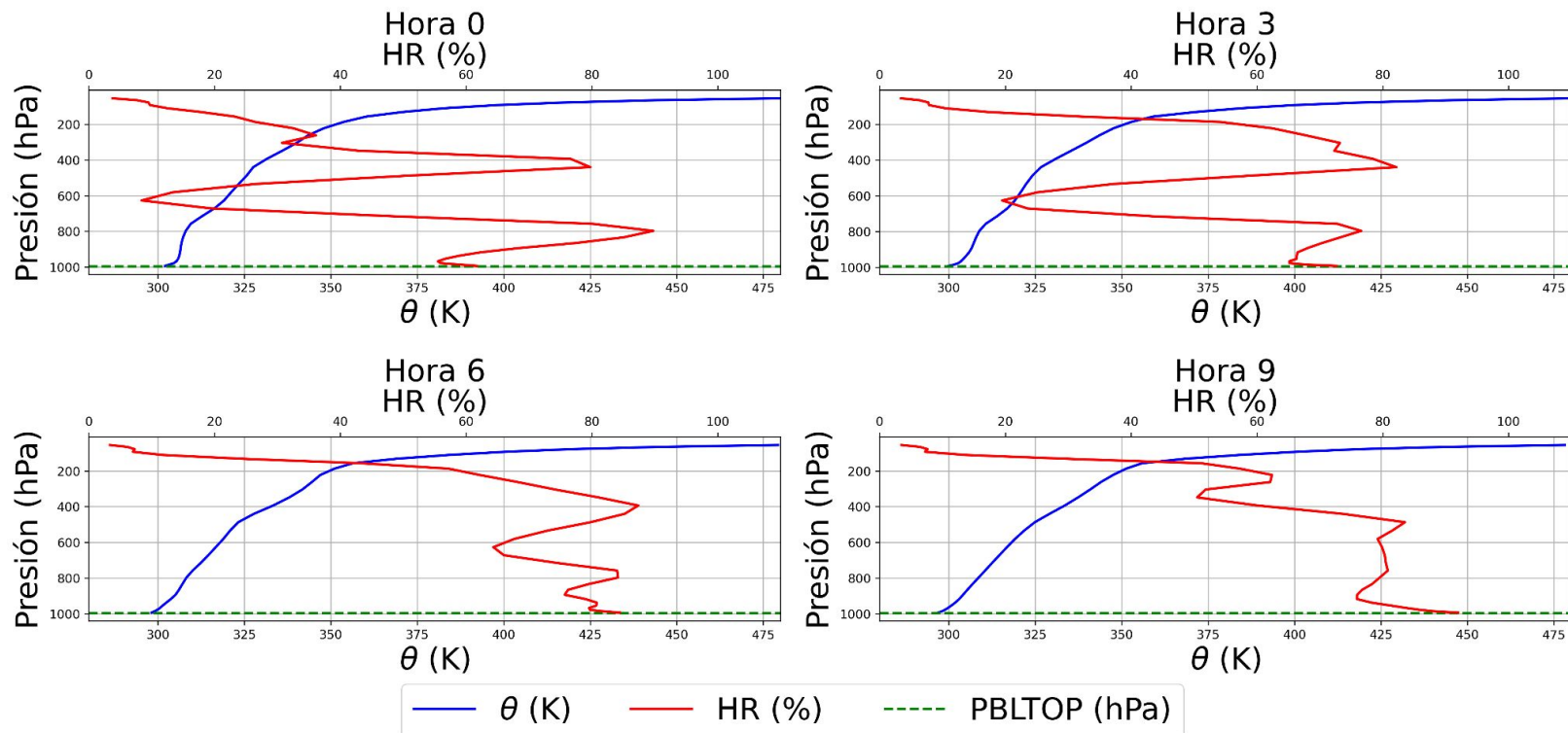


Sección transversal QCLOUD, 17/2/2020 horas de la tarde



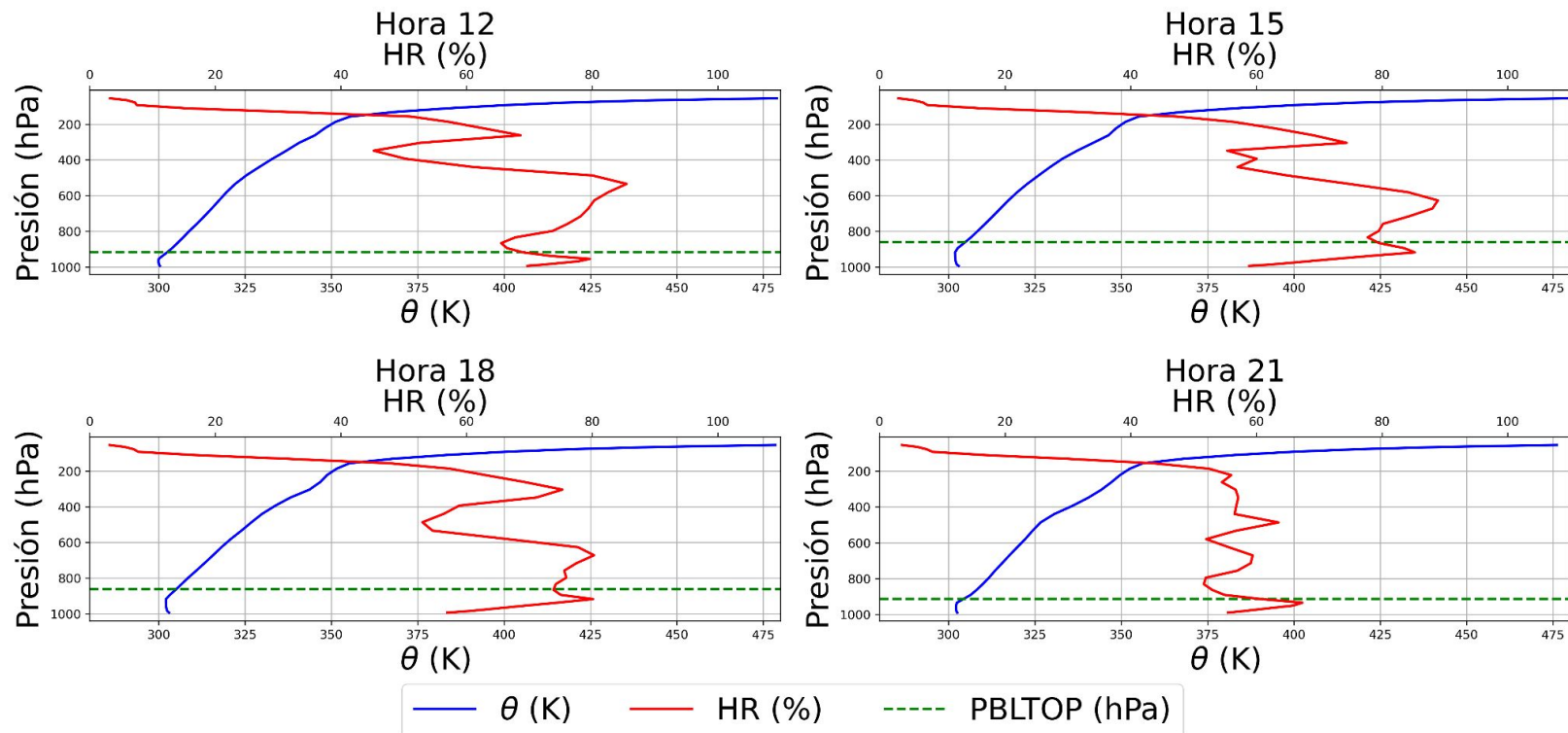
Perfiles verticales Θ , HR y PBLTOP, 17/2/2020 horas de la mañana

Perfiles Verticales para el 17-02-2020 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Perfiles verticales θ , HR y PBLTOP, 17/2/2020 horas de la tarde

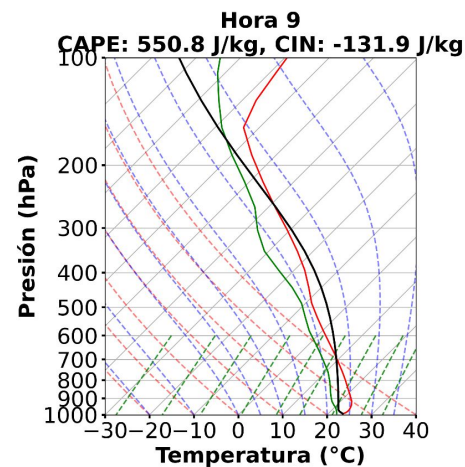
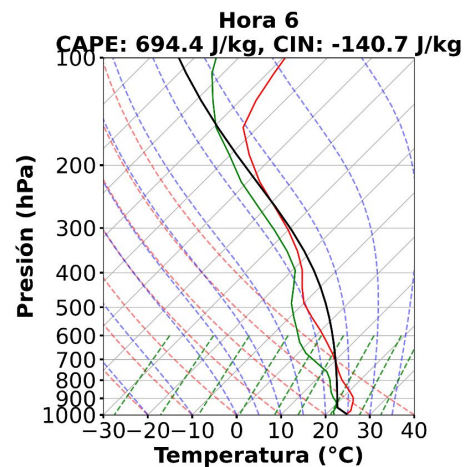
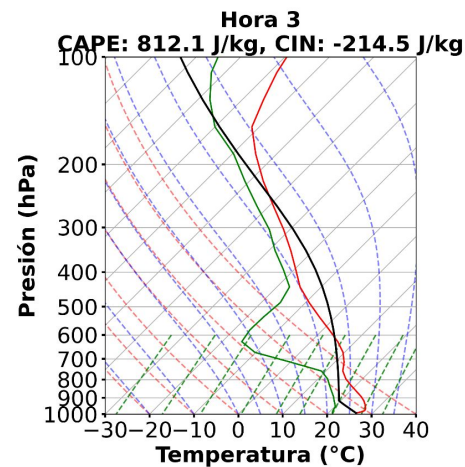
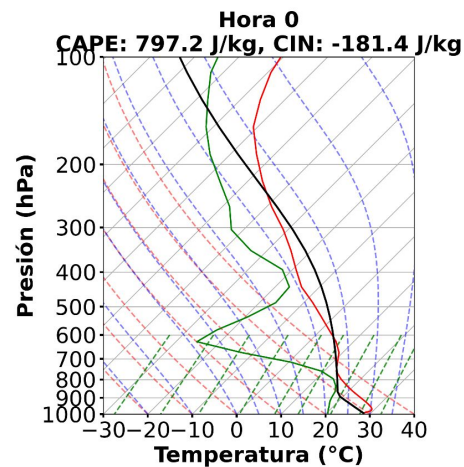
Perfiles Verticales para el 17-02-2020 en lat=-32.82, lon=-56.44
Humedad Relativa (HR) y Temperatura Potencial (θ)



Diagramas SkewT - Lp, 17/2/2020 horas de la mañana

SkewT-logP : 17-02-2020

Lat: -32.82, Lon: -56.44

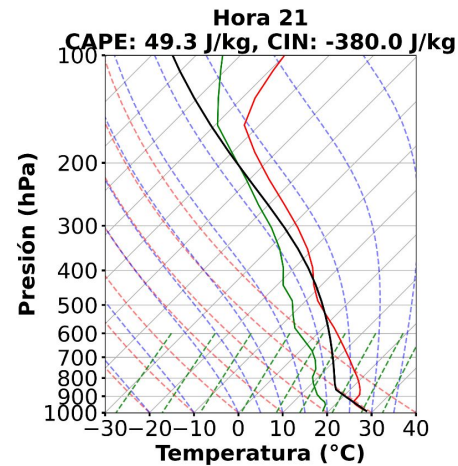
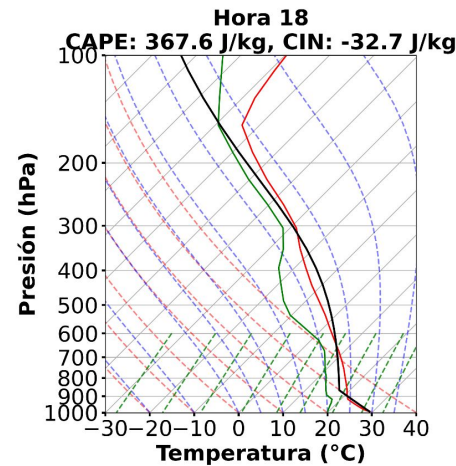
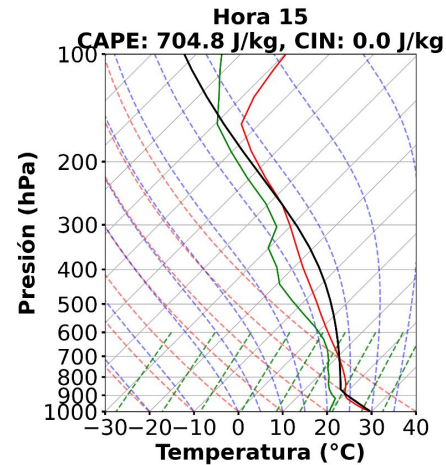
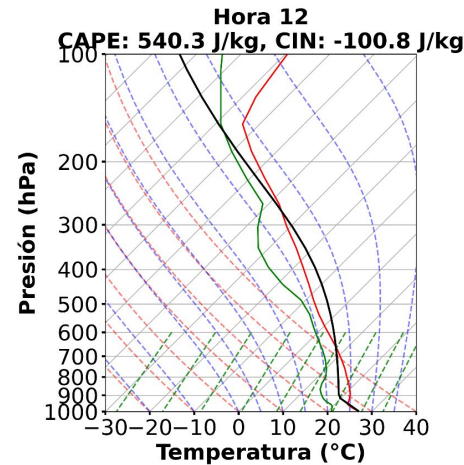


— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

Diagramas SkewT - Lp, 17/2/2020 horas de la tarde

SkewT-logP : 17-02-2020

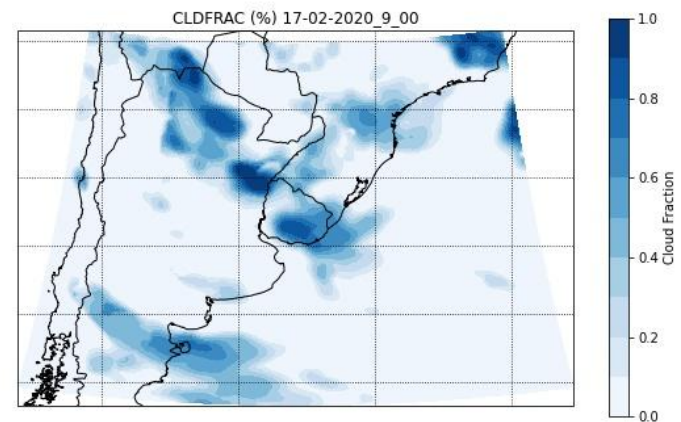
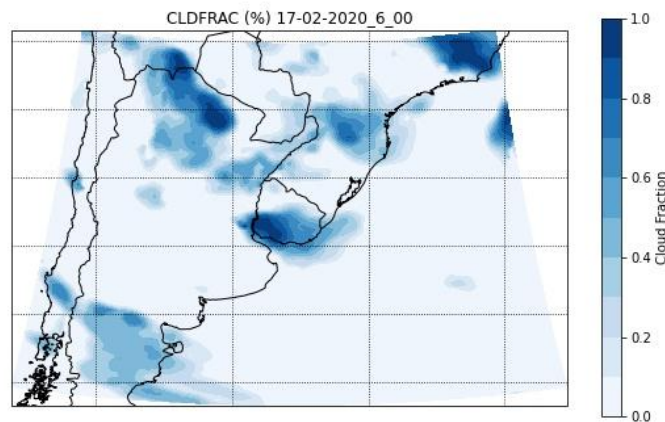
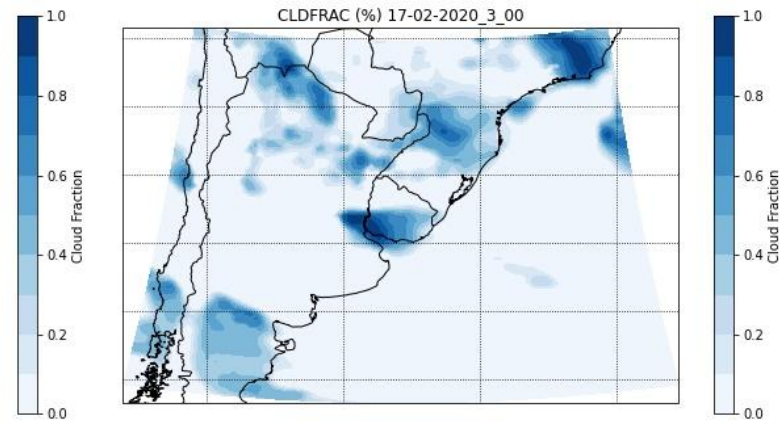
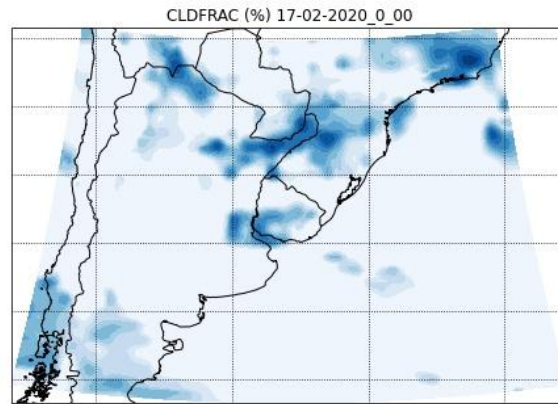
Lat: -32.82, Lon: -56.44



— Temperatura — Temperatura de Rocío — Ascenso de Parcela

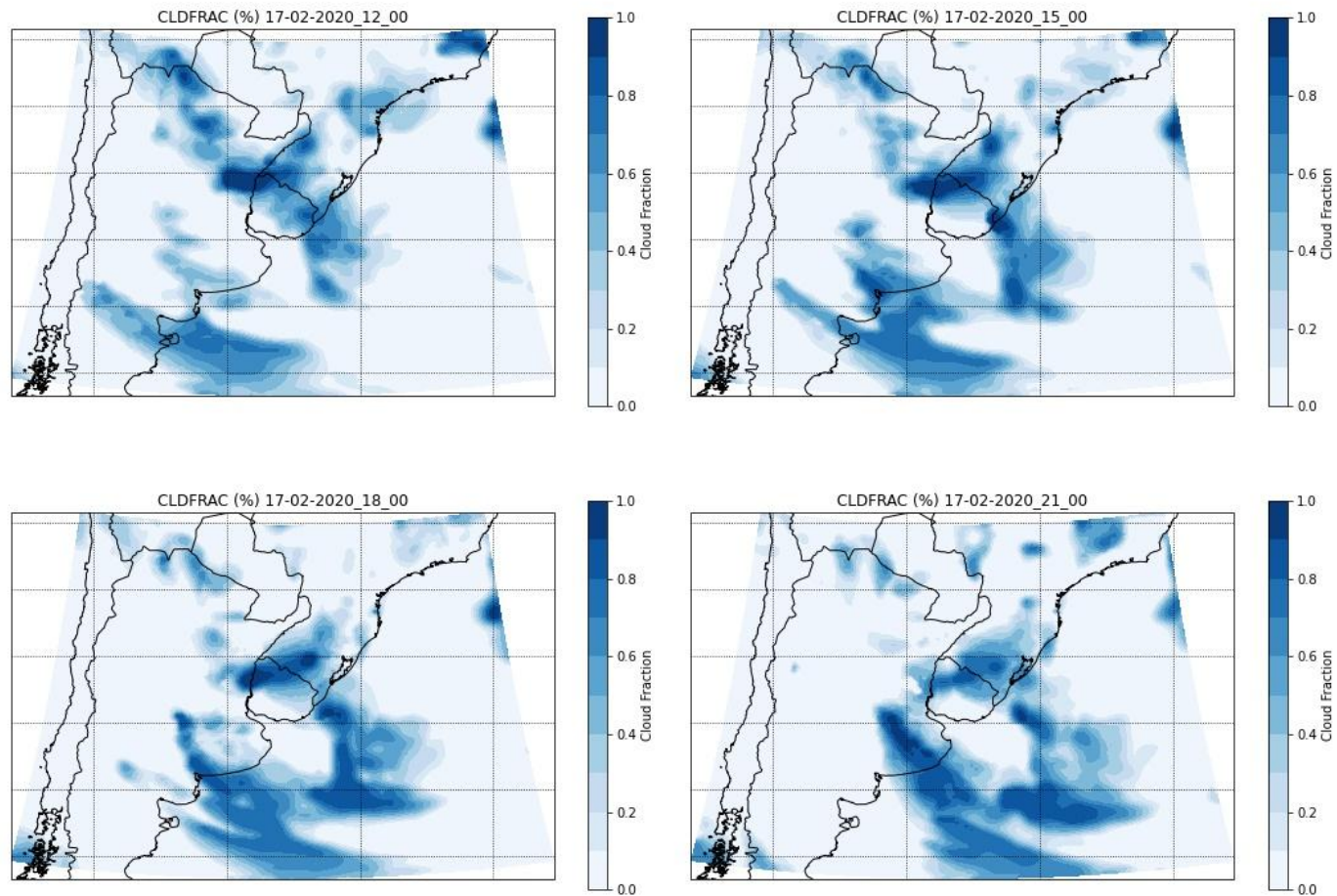
CLDFRA Nubes altas, 17/2/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - High-Level Clouds



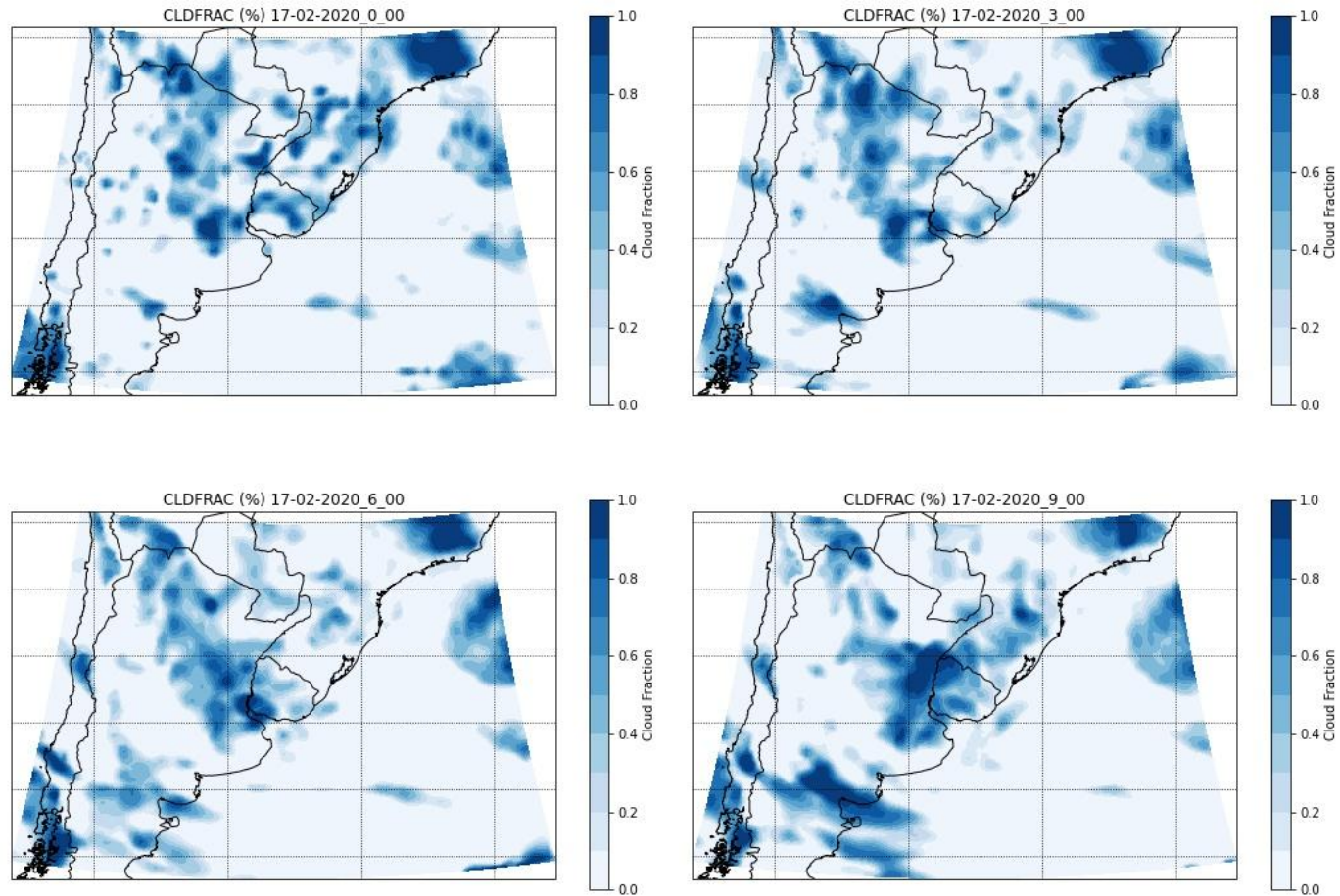
CLDFRA Nubes altas, 17/2/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - High-Level Clouds



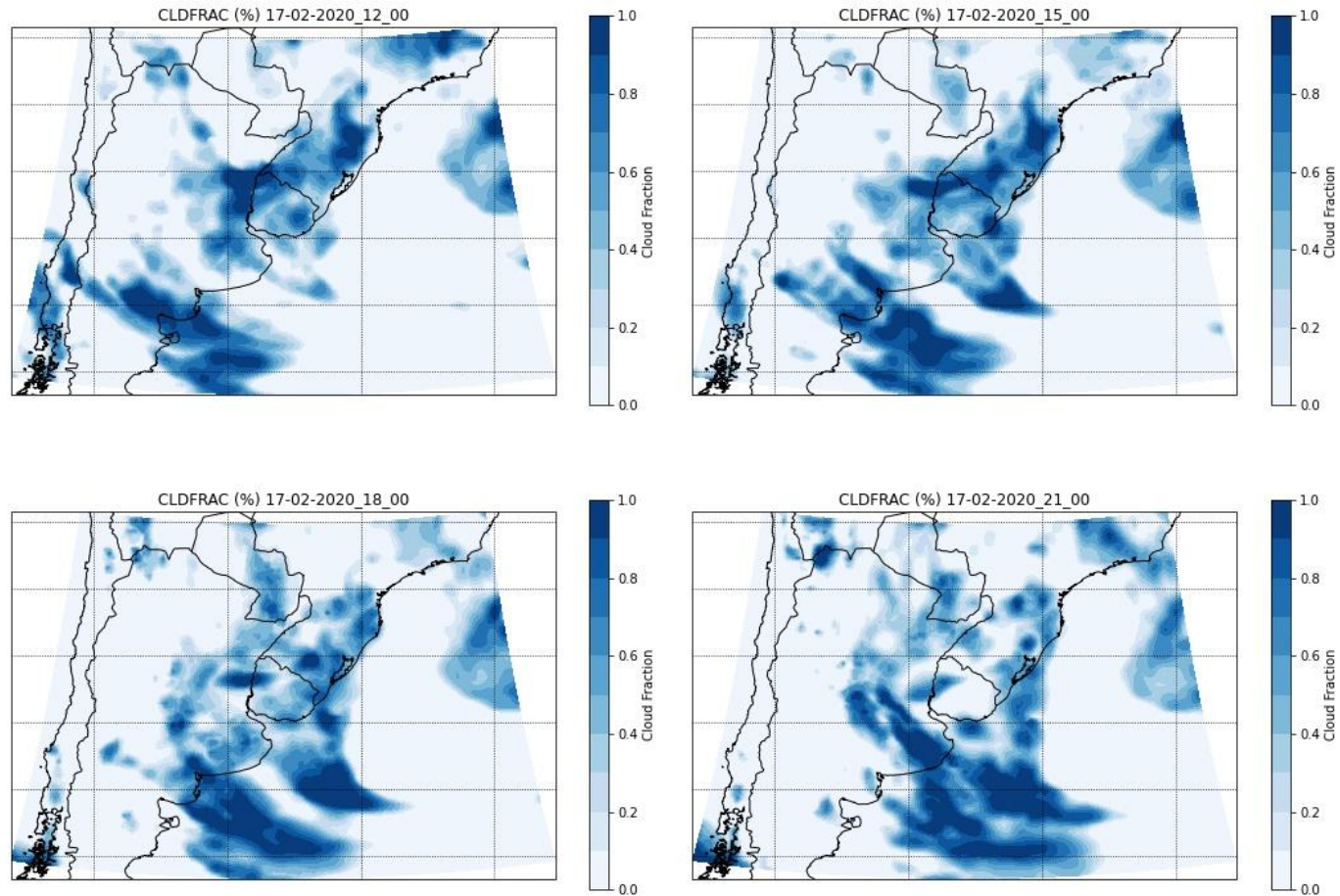
CLDFRA Nubes medias, 17/2/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Mid-Level Clouds



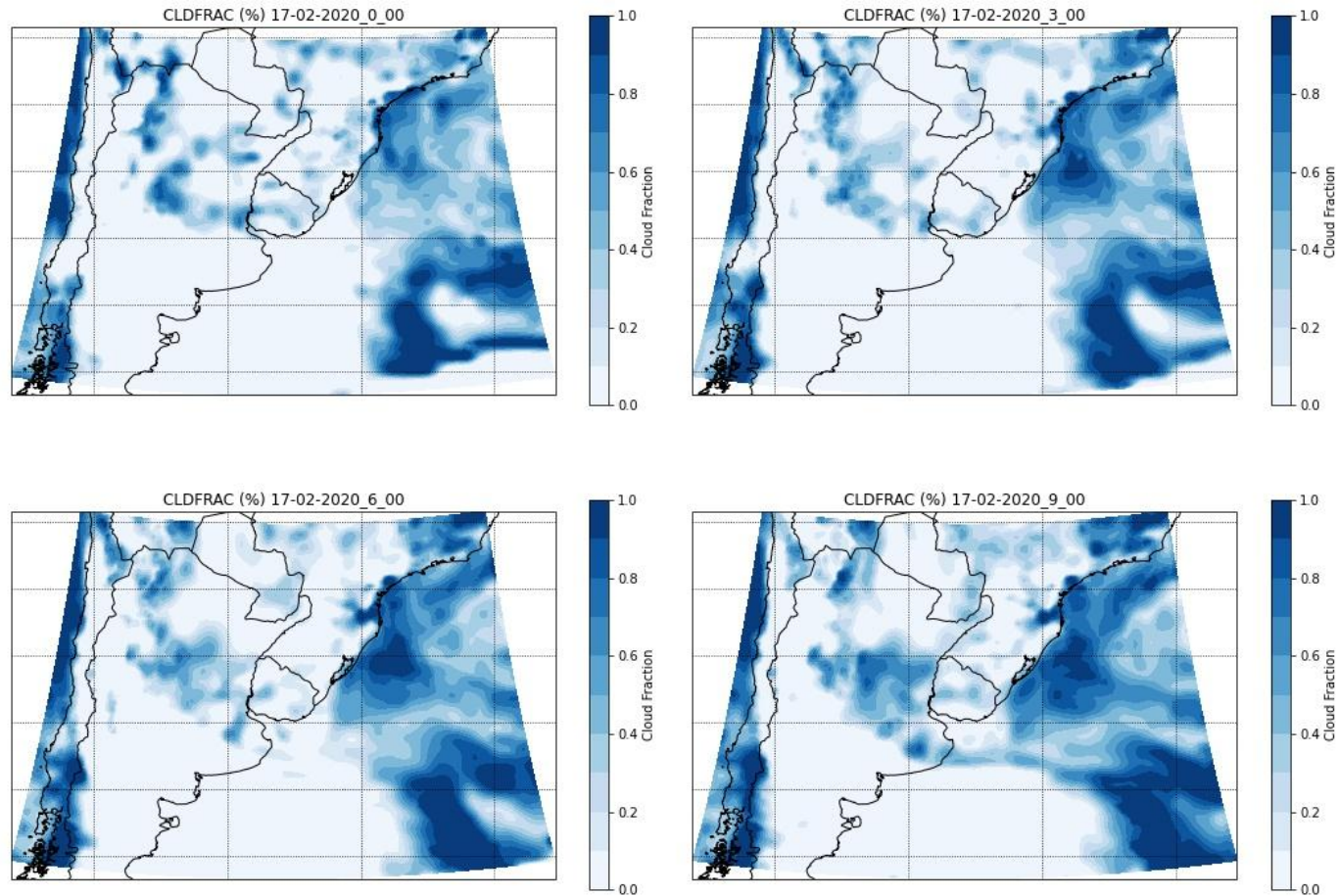
CLDFRA Nubes medias, 17/2/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Mid-Level Clouds



CLDFRA Nubes bajas, 17/2/2020 horas de la mañana

CLDFRAC for h1 - Low-Level Clouds



CLDFRA Nubes bajas, 17/2/2020 horas de la tarde

CLDFRAC for h2 - Low-Level Clouds

