



## Análisis meteorológico Julio - Agosto 2021

Rubio Álvarez Ricardo  
Suárez Berumen Alberto  
Trejo Maldonado Sofía  
Virgen Navarrete Marco Antonio

30 de noviembre de 2022

### Resumen

Utilizando la base de datos meteorológicos de la Universidad de Wyoming, se pretenden recopilar, para los meses Julio y Agosto del 2021, los datos de los radiosondeos realizados por la estación meteorológica 76612, de Guadalajara, Jal. Los datos fueron englobados en un único termodiagrama para 00Z y 12Z, con el fin de encontrar la tendencia general. Así mismo, fueron calculados de forma manual diversos índices meteorológicos y, junto con la disposición de una bitácora del tiempo de todo el año, se pudieron encontrar patrones del clima que describen a estos dos meses.

---

## 1. Introducción

Un termodiagrama es una superposición de procesos termodinámicos que son graficados en función de la temperatura de ambiente y del punto de rocío y una escala vertical logarítmica de presión, en base a los datos obtenidos por un radiosondeo, que es el lanzamiento de una sonda hacia la atmósfera. Este proceso suele realizarse 4 veces al día para los países de primer mundo y 1 ó 2 para países de tercer mundo por la mañana (12Z) y por la tarde (00Z). Los datos son proporcionados al público en la red mundial de observación meteorológica. Un termodiagrama del tipo Skew-T, que es el que se utilizó durante todo el proyecto, se compone de cinco propiedades atmosféricas, las isotermas para la temperatura, las líneas de razón de mezcla, la adiabática seca y adiabática saturada y las isobaras para la presión constante.

El termodiagrama tiene tal importancia para conocer el comportamiento de distintos parámetros atmosféricos, que se pueden encontrar patrones en distintas épocas del año e inclusive en un grupo de

años. Cada país tiene sus propias estaciones meteorológicas distribuidas, de forma que es posible detectar anomalías y fenómenos.

Para la zona metropolitana de Guadalajara, se utilizaron los datos de los radiosondeos llevados a cabo por la estación meteorológica 76612 [1], que se encuentra en el Bosque Los Colomos, con un análisis de distintos índices, que se explicarán a continuación, para determinar un patrón del comportamiento del clima durante dos meses del año.

## 2. Marco teórico

En la rama de la meteorología, existen decenas de índices climáticos que transforman a los datos recibidos por el radiosondeo en información importante para la caracterización del clima. Se suelen utilizar varios a la vez.

Para el análisis de los datos en el presente trabajo, destacan tales índices como **HR**, **LCL**, **LFC**, nivel de congelación, **TT**, **K**, **SWEAT**, **LI**, **CAPE**,

CIN y el espesor [2][3].

Comenzando por la humedad relativa, RH, representada como porcentaje, es la razón de la cantidad de vapor de agua presente en el aire con respecto a lo que el volumen de aire contendría si estuviese saturado,

$$HR = 100 * \frac{w}{w_s},$$

donde  $w$  es la razón de mezcla y  $w_s$  es la razón de mezcla saturada. Para calcularlas debe seguirse la recta de razón hasta llegar a la línea de punto de rocío y temperatura ambiente respectivamente.

El nivel de condensación por ascenso, LCL, es la altitud en la que una burbuja de aire se satura al subir por la línea adiabática seca.

Por otra parte, el nivel de congelación es aquel mínimo que puede tener el sondeo a 0 °C, subiendo por la isoterma hasta la línea de temperatura ambiente.

Continuando con el nivel de convección libre, LFC, es una parcela de aire que al calentarse más que su entorno, flota por convección. Calculado el LCL, se sube por la adiabática saturada hasta la línea de temperatura.

El índice de totales totales, TT, indica la inestabilidad de la atmósfera, el cual está compuesto por dos índices denominados **cross total** y **cross vertical**. El primero dice cómo flota una burbuja de aire debido a su menor densidad, que es definido como la diferencia entre la temperatura del punto de rocío ( $T'$ ) a 850 hPa y la temperatura ambiente a 500 hPa. El segundo dice cómo flota la burbuja de aire debido al calentamiento y se define como la diferencia en la temperatura ambiente entre 850 hPa y 500 hPa.

$$TT = (T_{850} - T'_{850}) - (2 * T_{500}).$$

Otro índice que usa información similar es K, que puede pronosticar tormentas eléctricas por el tipo de masa de aire. Se toma en cuenta la distribución vertical de la humedad y temperatura.

$$K = (T_{850} - T_{500}) + T'_{850} - (T_{700} - T'_{700}).$$

Tomando ahora en cuenta información donde es necesario acceder a los datos para su cálculo, la amenaza de tiempo severo, SWEAT, diferencia tormentas severas y no severas. Es una combinación de varios factores que favorecen a la creación de tormentas severas, como la humedad en niveles bajos, la inestabilidad, entre otros.

$$SWEAT = 12(T'_{850}) + 20(TT - 49) + 2(V_{850}) + V_{500} + 125(\sin(dv_{500} - dv_{850}) + 0.2,$$

donde  $V$  es la velocidad del viento y  $dv$  es la dirección del viento.

El índice de elevación, LI, es la diferencia entre la temperatura ambiente y una parcela de aire elevado a 500 hPa a partir del LCL subiendo por la adiabática húmeda,

$$LI = T_{500} - t_{500},$$

con  $t$  como la temperatura de la parcela de aire elevado.

Para ver expresada la información de distinta forma existe la energía potencial disponible convectiva, CAPE, representando una energía que puede encontrarse en diversas formas, como potencial, cinética, electrostática, etc. En el termodiagrama, representada por un área comprendida entre la línea de temperatura ambiente, la cual debe ser mayor que la adiabática seca, indica el valor energético que se recibiría de una burbuja que asciende libremente por corrientes verticales máximas a la atmósfera por unidad de masa. Con esto es posible interpretar el estado de la atmósfera y su convección.

Un índice similar al anterior es la inhibición convectiva, CIN, el cual representa la energía que se debe suministrar a la burbuja de aire para elevarla desde su posición inicial hasta que se iguale con la temperatura del ambiente y comience a ascender libremente. Es un indicador para la inversión térmica y también está definido por un área, donde la línea de temperatura ambiente es mayor que la adiabática seca.

Por último, el espesor es el grosor o distancia que existe entre dos capas de superficie a presión constante. Se calcula con

$$\Delta Z = \frac{R_d T_v \log\left(\frac{p_1}{p_2}\right)}{g},$$

donde  $R_d$  es la constante de los gases para el aire seco,  $T_v$  la temperatura virtual,  $g$  la aceleración gravitacional y  $p_1, p_2$  las presiones de las superficies.

Una vez obteniendo todos los índices mencionados, es posible caracterizar un comportamiento en los termodiagramas de cierto periodo de tiempo para encontrar un patrón.

### 3. Metodología experimental

Los datos se obtuvieron de la página Sounding Map-Wyoming Weather Web, en la cual se seleccionó la región con la que se va a trabajar, el año y los meses. Se descargaron los datos para un día de 00Z y 12Z por separado, omitiendo los días en los que no se encontraron los datos por falta de radiosondeos o saturación de la base de datos.

En Matlab se utilizó un programa proporcionado por la Dra. el cual grafica los termodiagramas; el mes fue dividido en dos para que cada integrante del equipo recibiera 15 ó 16 días, descargara los datos y los graficara.

El objetivo es unir todos los datos de la hora 00Z y la de 12Z en un solo termodiagrama para poder hacer un análisis de estos mismos. Con ayuda del mismo Matlab, se invirtieron los datos de algunos días para que la gráfica final no tuviera tanto ruido y que los termodiagramas quedaran bien alineados. Después, en base de otro código se obtuvo la media de estas sumas, como se muestran a continuación.

### 4. Resultados

Para Julio, fueron graficados los termodiagramas en dos quincenas con 00Z y 12Z por separado. En la primera quincena de Agosto se hizo lo mismo y en la segunda quincena solo se graficó de forma general.

### Primera quincena de Julio

En esta primera mitad del mes, se encontraron los datos de la mayoría de los días, así que se consideran como una buena aproximación.

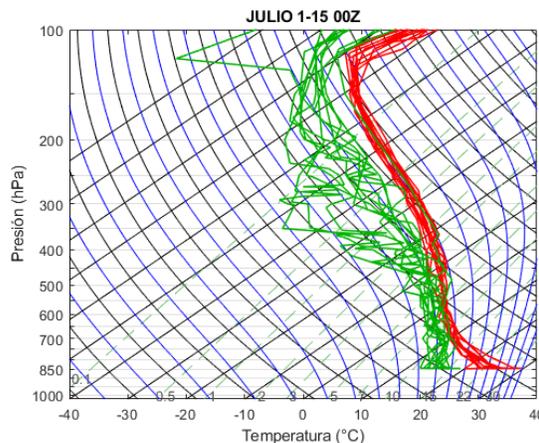


Figura 1: Termodiagrama primera quincena de Julio para 00Z.

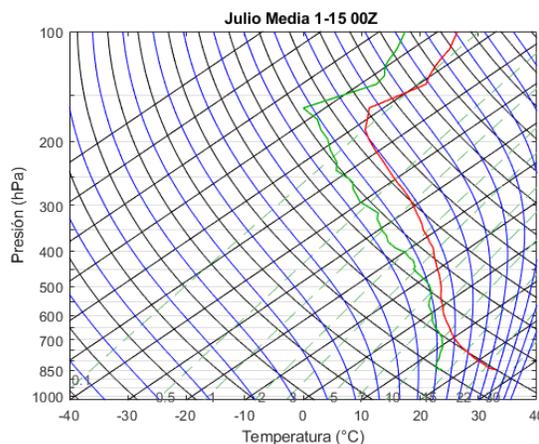


Figura 2: Media de los radiosondeos de primera quincena de Julio para 00Z.

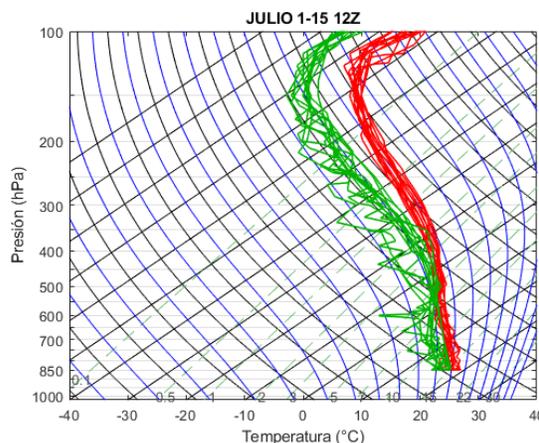


Figura 3: Termodiagrama primera quincena de Julio para 12Z.

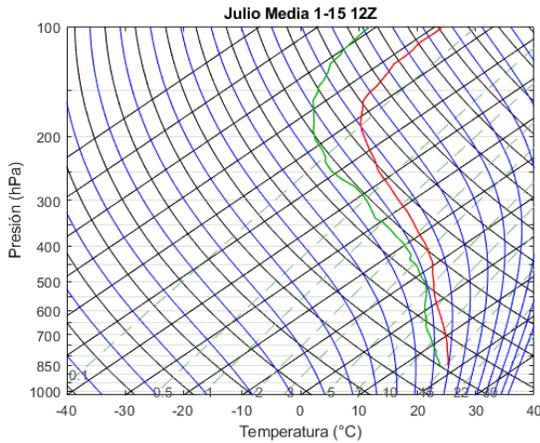


Figura 4: Media de los radiosondeos de primera quincena de Julio para 12Z.

1-15 Julio		
	00Z	12Z
HR 500 hPa [%]	87.3	89.4
HR 700 hPa [%]	86.5	81.6
LCL [hPa]	740	840
LFC [hPa]	740	700
Nivel de congelación [hPa]	565.4	573
TT	19.8	9.5
K	45.3	34.7
SWEAT	229.2	300.4
LI	-3.4	-1.3
CAPE [J/kg]	677.8	188.6
CIN [J/kg]	-23.9	-39.1
Espesor 500-850 hPa [m]	4402.3	4375.8

Cuadro 1: Índices obtenidos manualmente para la primera quincena de Julio.

De acuerdo al parámetro LI, en los días 1 al 15 de Julio, se presentó un potencial de tiempo severo débil por la mañana y moderado por la tarde.

Para el índice K, se encontró que hubo actividad generalizada y por lo tanto más potencial de convección, con mayor presencia durante la tarde, con cerca del 100% de probabilidad de tormentas.

En el parámetro TT, dado que los valores son referentes al clima de USA, solo queda analizar el punto de rocío y la temperatura de 850 hPa junto con la temperatura de 500 hPa. Durante la tarde, hay temperaturas entre 11 °C y 25 °C en 850 hPa y -5 °C en 500 hPa, por lo que se esperaba que

hubiera actividad con presencia de lluvias ligeras a moderadas. Para la mañana, el índice es mucho menor, a 850 hPa hay temperaturas entre 10 °C y 20 °C, mientras que en 500 hPa hay -5 °C. Se puede esperar poca actividad.

El índice SWEAT indicó que, para la tarde se esperaba un potencial de tiempo severo leve y para la mañana uno en el límite para entrar a severo grave.

## Segunda quincena de Julio

Para el periodo 16-31 de Julio, no se encontraron todos los datos de los radiosondeos, hubo días en los que era solo una fila o ninguno y fueron descartados, por lo que el análisis para esta mitad no será muy aproximado.

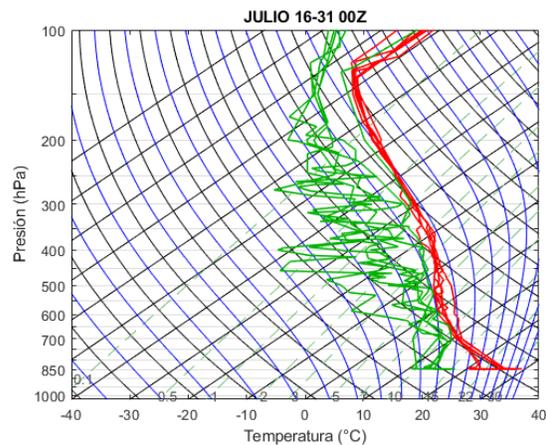


Figura 5: Termodiagrama segunda quincena de Julio para 00Z.

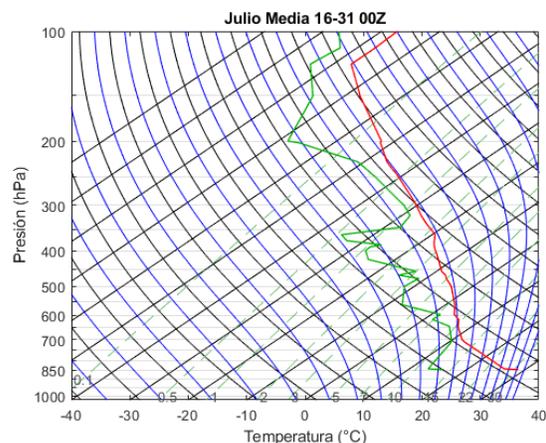


Figura 6: Media de los radiosondeos de segunda quincena de Julio para 00Z.

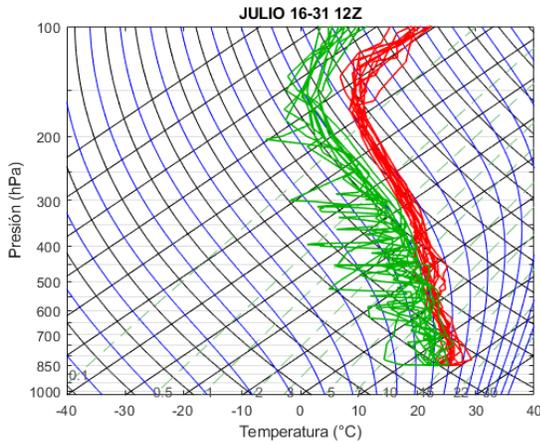


Figura 7: Termodiagrama segunda quincena de Julio para 12Z.

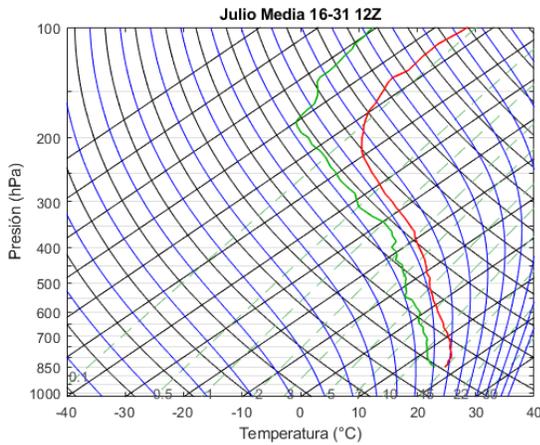


Figura 8: Media de los radiosondeos de segunda quincena de Julio para 12Z.

16-31 Julio		
	00Z	12Z
HR 500 hPa [%]	56	75.4
HR 700 hPa [%]	85.7	62.8
LCL [hPa]	700	812.5
LFC [hPa]	136.5	616.6
Nivel de congelación [hPa]	533.3	575
TT	20.4	15.3
K	46.5	35.7
SWEAT	237.6	226.6
LI	-4.2	-0.5
CAPE [J/kg]	448.7	211.8
CIN [J/kg]	-58.4	-108.7
Espesor 500-850 hPa [m]	4421	4468.8

Cuadro 2: Índices obtenidos manualmente para la segunda quincena de Julio.

Para los días 16 al 31, según el parámetro LI hubo un potencial de tiempo severo moderado por la tarde y débil durante la mañana.

Con el índice K, existió entre 60 % a 80 % de probabilidad de tormentas por la mañana y 100 % de probabilidad en la tarde.

En estos días, el índice TT es mayor que la primera quincena. Por la tarde, en los 850 hPa se presenta una temperatura entre 12 °C y 30 °C, para 500 hPa hay una temperatura de -5 °C. En la mañana, se encuentra que en 850 hPa tiene un aproximado de 10 °C a 20 °C y en 500 hPa alrededor de -7 °C. Para esta segunda mitad del mes, se previó una mayor actividad en lluvias moderadas, con recurrencia durante las tardes.

El índice SWEAT indicó que el potencial de tiempo severo se mantuvo en leve. La temperatura máxima para la mañana fue de -65 °C y para la tarde -77 °C, lo cual concuerda con los valores obtenidos, al tener un mayor SWEAT para la tarde.

Para el CAPE, durante todo el mes de Julio hubo estabilidad marginalmente o convección débil. En cuanto al CIN, para la primera quincena hubo posibilidad de formar pocas tormentas fuertes y en la segunda quincena, solo siguió a la formación de fuertes líneas de tormentas. En ambas, existió menor probabilidad de tormentas convectivas por la mañana.

## Primera quincena de Agosto

Para el periodo comprendido entre el 1 y 15 de Agosto no se encontraron los radiosondeos en su totalidad, causando que la presión para detallar la tendencia general en este lapso de tiempo no sea la ideal.

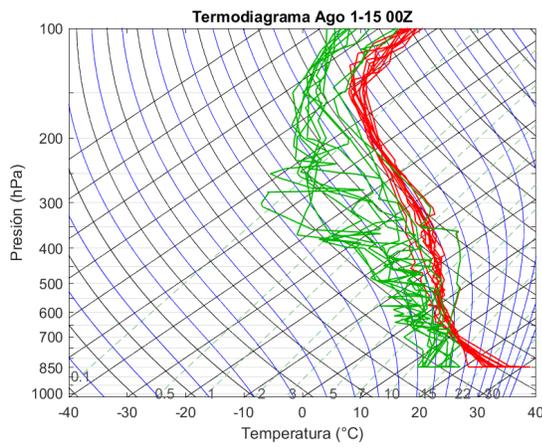


Figura 9: Termodiagrama primera quincena de Agosto para 00Z.

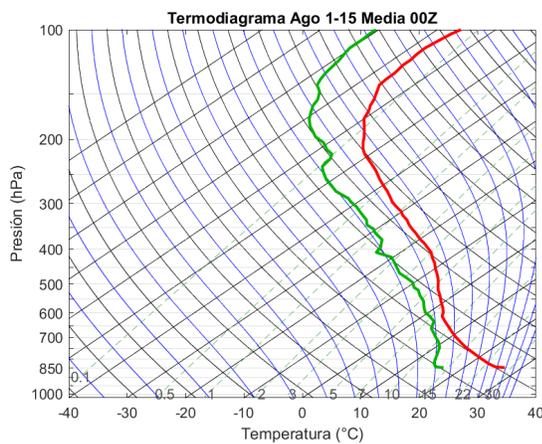


Figura 10: Media de los radiosondeos de la primera quincena de Agosto para 00Z.

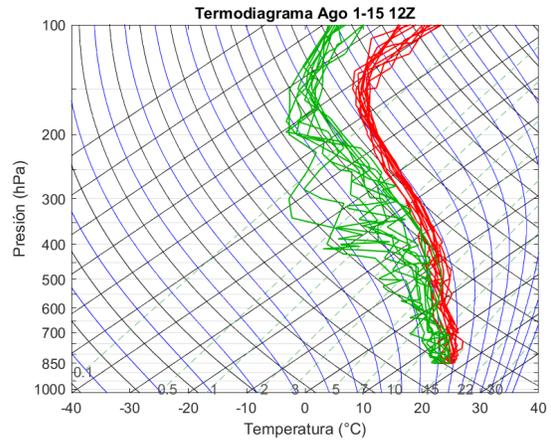


Figura 11: Termodiagrama primera quincena de Agosto para 12Z.

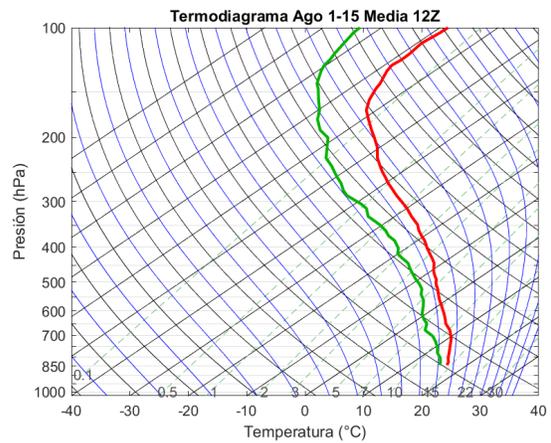


Figura 12: Media de los radiosondeos de la primera quincena de agosto para 12Z.

1-15 Agosto		
	00Z	12Z
HR 500 hPa [%]	56	58.03
HR 700 hPa [%]	85.7	62.8
LCL [hPa]	725.63	805.7
LFC [hPa]	638.36	684.83
Nivel de congelación [hPa]	575	576.6
TT	21.2	36.37
K	46.25	35.7
SWEAT	235.8	212.49
LI	-4.2	-0.5
CAPE [J/kg]	1005.97	149.84
CIN [J/kg]	-21.23	-42.1
Espesor 500-850 hPa [m]	5850	5769

Cuadro 3: Índices obtenidos manualmente para la primera quincena de Agosto.

De acuerdo con el parámetro LI, se presentó un potencial de tiempo severo moderado por la tarde y débil por la mañana.

El índice K muestra una probabilidad de actividad generalizada tanto en la mañana como por la tarde.

Para el índice TT, por la tarde, en los 850 hPa se presenta una temperatura entre 17 °C y 34 °C, para 500 hPa hay una temperatura entre -8 °C y 0 °C. Por las mañanas, en los 850 hPa se presenta una temperatura entre 15 °C y 17 °C, para 500 hPa hay una temperatura entre -10 °C y -3 °C. Para esta primera mitad del mes, se previó actividad en lluvias moderadas.

El índice SWEAT mostró un potencial de tiempo severo leve por las tardes y un potencial severo grave por las mañanas.

El índice CAPE mostró una estabilidad moderada por las tardes y una estabilidad marginal por las mañanas. Por otro lado, el índice CIN mostró una inhibición débil.

### Segunda quincena de Agosto

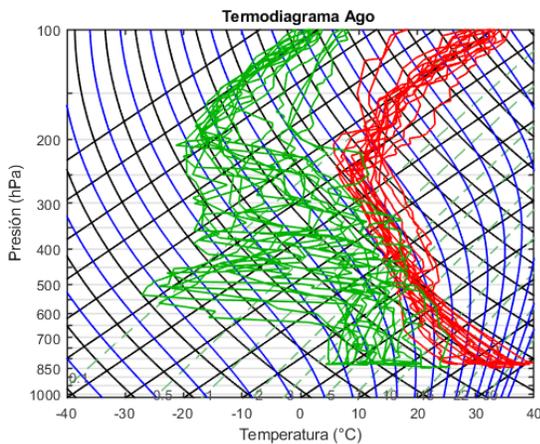


Figura 13: Termodiagrama segunda quincena de Agosto para 00Z.

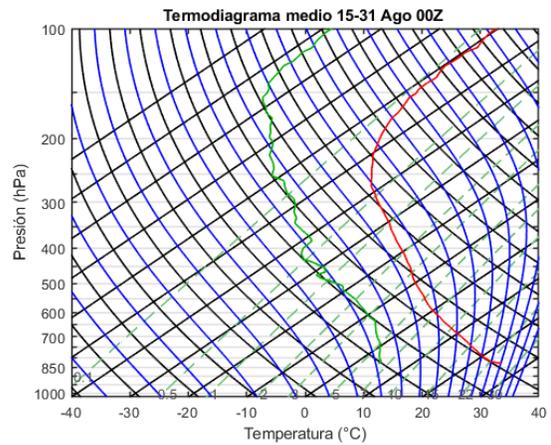


Figura 14: Media de los radiosondeos de segunda quincena de Agosto para 00Z.

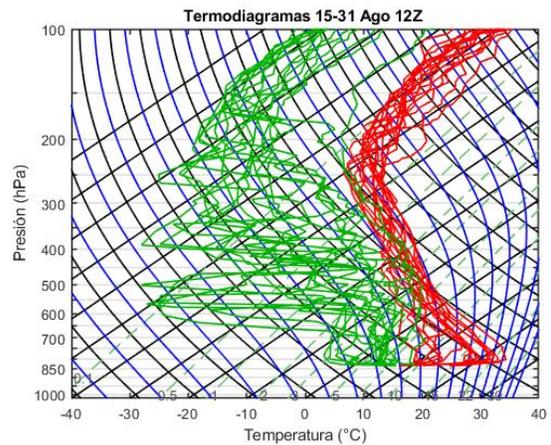


Figura 15: Termodiagrama segunda quincena de Agosto para 12Z.

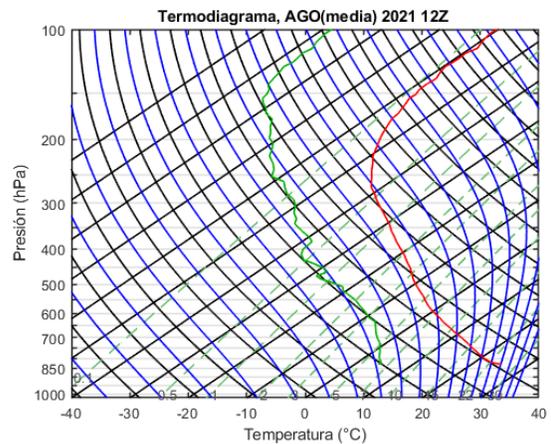


Figura 16: Media de los radiosondeos de segunda quincena de Agosto para 12Z.

16-31 Agosto		
	00Z	12Z
HR 500 hPa [%]	42.5	38.6
HR 700 hPa [%]	50.3	59.4
LCL [hPa]	640	670
LFC [hPa]	340	320
Nivel de congelación [hPa]	590.3	587.5
TT	36.8	30
K	35.3	30.7
SWEAT	219.2	233.1
LI	0.9	3.7
CAPE [J/kg]	147.6	1.2
CIN [J/kg]	-40.2	-51.5
Espesor 500-850 hPa [m]	4887.3	4853.8

Cuadro 4: Índices obtenidos manualmente para la segunda quincena de Agosto.

Para los días 15 al 31 según el parámetro LI hubo un potencial de tiempo casi nulo. El índice K nos indica que hubo entre 60 % a 80 % de probabilidad de tormentas por la mañana y alrededor de 40 % a 60 % de probabilidad en la tarde.

El índice TT es mayor que en Julio. Para esta segunda mitad de Agosto, pese a toda la atmósfera, estuvo más estable dando pie a lluvia ligera solo un día.

El índice SWEAT dice que el potencial de tiempo severo es leve. La temperatura máxima para la mañana fue de  $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$  y para la tarde  $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo cual concuerda con lo obtenido.

Para el CAPE, durante todo el mes de Agosto hubo gran estabilidad comparando con Julio. Con el CIN se tiene que para la segunda quincena hubo posibilidades casi nulas de formar tormentas.

## 5. Conclusiones

De acuerdo al análisis y los datos extraídos de la base de Wyoming, teniendo en cuenta que se sacó el promedio y es por ello que el ruido y posibles valores radicales se eliminaran, se observa que hubo presencia cercana de potencial de tiempo para todo el mes de Julio, con afluencia en las tardes. Sin embargo, con la bitácora de lluvia para el AMG durante todo el 2021, hubo mayor precipitación en la segunda mitad de Julio, aunque el potencial de

tiempo se toma como moderado, con algunas excepciones donde hubo chubascos fuertes con actividad eléctrica.

Esta errata se puede deber a la poca disposición de datos para cierta cantidad de días, en especial de la segunda mitad de Julio. Además, dado que los índices fueron extraídos de forma manual, la incertidumbre que hay en cada medición no fue considerada.

Para el mes de Agosto, de acuerdo a los índices obtenidos únicamente de la primera quincena, se calculó la presencia de actividad en forma de lluvias moderadas, sin embargo en la bitácora, en la mayor parte de esta mitad del mes hubo lluvias de moderadas a fuertes, algunas de ellas con actividad eléctrica y granizo.

Respecto a la segunda mitad de Agosto, no puede darse una comparación con los índices extraídos y la bitácora, pues en esta no se registró ninguna actividad para esos días.

Para poder tener buenos patrones de ciertas actividades climatológicas es necesario que se cuente con una cantidad moderada de datos. Para este proyecto, la falta de estos complicó la clasificación de los patrones y es por ello que se optó por hacer un análisis general de estos meses.

Si se desean encontrar patrones para una región del planeta, lo ideal es disponer de los datos de más de diez años, teniendo en cuenta los fenómenos climatológicos que se presentaron durante cada uno.

## Referencias

- [1] University of Wyoming. (s.f.). *Atmospheric Soundings*. University of Wyoming, College of Engineering. Recuperado 19 de septiembre de 2022, de <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- [2] EcuRed. (s.f.). Índice de tiempo severo - EcuRed. [https://www.ecured.cu/%C3%8Dndice\\_de\\_tiempo\\_severo](https://www.ecured.cu/%C3%8Dndice_de_tiempo_severo)

- [3] Taulé, G. (2020, 21 julio). El CAPE, el CIN y la formación de las tormentas severas. Levante-EMV. <https://www.levante-emv.com/opinion/2020/07/21/cape-cin-formacion-tormentas-severas-11239818.html>