

PROCESAMIENTO DE DATOS AMBIENTALES

Juan David Mesa Giraldo¹, Valentina Urrego Herrera²

Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia

¹david.mesa3@udea.edu.co

²valentina.urregoh@udea.edu.co

INTRODUCCIÓN

El estudio de variables climáticas es muy importante para comprender los patrones del clima, tanto globales como regionales, así como sus posibles impactos en diversos sistemas ecológicos.

En este trabajo se abordará una variable ambiental específica: el flujo de radiación de onda larga ascendente (Upward Longwave Radiation Flux - Surface). Para realizar este análisis, se utilizarán datos de 1948 hasta el 1 de octubre de 2024 con una resolución temporal mensual en la región de Estados Unidos, delimitada por las coordenadas 25°N-50°N y 125°W-70°W. El objetivo principal del trabajo es procesar y analizar esta variable mediante herramientas de programación, esto con el fin de comprender su comportamiento y las posibles anomalías relacionadas con eventos climáticos extremos como El Niño y La Niña.

En este informe se presentarán los resultados obtenidos, los cuales incluirán la visualización de la climatología de la variable, el análisis de la serie temporal a través de estadísticos descriptivos, el cálculo de anomalías mensuales, y la identificación de patrones espaciales asociados al ciclo anual multianual de la radiación y se compararán los patrones observados durante los eventos de El Niño y La Niña.

Se descargaron los archivos .py y el archivo de google colab .ipynb, aún así se deja el link al google colab en caso de imprevistos:

<https://colab.research.google.com/drive/1rX6PbPBW3FHbEoR17JGriujEGVE8omSt?usp=sharing>

1. Abrir el archivo y la revisión de los metadatos

```
# 1 -- Abrir el archivo y revisión de los metadatos
dataset = xr.open_dataset(path_acceso)
dataset['ulwrf']

xarray.DataArray 'ulwrf' (time: 922, lat: 94, lon: 192)

[16640256 values with dtype=float32]

Coordinates:
  lat      (lat)      float32  88.54 86.65 84.75 ... -66.65 -68.54
  lon      (lon)      float32   0.0 1.875 3.75 ... 358.2 358.1
  time     (time)     datetime64[ns] 1948-01-01 ... 2024-10-01

Indexes: (3)
Attributes: (11)
```

xarray.DataArray 'ulwrf': Indica que la variable se llama ulwrf, que corresponde al flujo de radiación de onda larga. **time:** 922 valores temporales. **lat:** 94 valores de latitud. **lon:** 192 valores de longitud.

[16640256 values with dtype=float32: El DataArray contiene un total de 16,640,256 valores de tipo float32.

lat: valores desde 88.54 hasta -88.54 grados (desde el Polo Norte hasta el Polo Sur) **long:** valores desde 0.0 hasta 358.1 grados (cubre casi todo el rango de longitudes de 0° a 360°). **time:** desde el 1 de enero de 1948 hasta el 1 de octubre de 2024.

2. Selección de la región asignada

```
# 2 -- Selección de región asignada: 25°N-50°N y 125°W (235) -70°W (290) - Estados Unidos
# Límites latitudinales
lat_bnd = [50, 25]
# Límites longitudinales
lon_bnd = [235, 290]
```

25°N-50°N y 125°W (235) -70°W (290) - Estados Unidos

#límites latitudinales lat_bnd: define los límites de latitudes 50: Límite superior de la latitud (50°N).

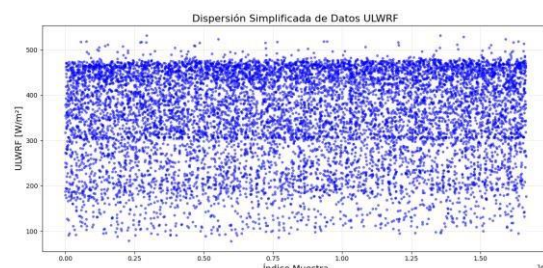
25: Límite inferior de la latitud (25°N).

Cubre desde el Sur de Canadá hasta el Sur de Estados Unidos

#límites longitudinales long_bnd: define los límites de longitud 235: Longitud occidental (235°E).

290: Longitud oriental (290°E). *La región seleccionada cubre gran parte de los Estados Unidos continentales, desde la costa del Pacífico hasta la costa del Atlántico.*

Dispersión Simplificada de Datos ULWRF

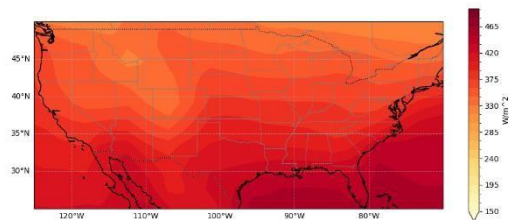


A partir de una muestra de los datos se realizó un gráfico de dispersión. Eje X: Índice de Muestra: indica la posición de cada punto de datos en un conjunto más grande. Eje Y: ULWRF (W/m²). Esta es la variable de interés.

Los valores de ULWRF se concentran principalmente entre 100 y 500 W/m². Los puntos están bastante dispersos a lo largo del eje X, lo que indica una variabilidad considerable en los valores de ULWRF a medida que aumenta el índice de muestra.

La dispersión aleatoria de los puntos podría indicar que la variable ULWRF se mantiene relativamente estable a lo largo del período de medición, sin una tendencia al alza o a la baja.

3. Mapa con la climatología de la variable seleccionada.



La imagen muestra el mapa que representa la climatología de la variable ***ulwrf*** relacionada al flujo de radiación de onda larga sobre la región continental de los Estados Unidos, parte de México y Canadá.

Variables:

ulwrf: Indica la cantidad de energía emitida por la superficie terrestre, la atmósfera o las nubes hacia el espacio. W/m^2 (*vatios por metro cuadrado*), *unidad de medida estándar de energía por área*.

Escala de colores:

Rojo: Indica mayores niveles de emisión de radiación.

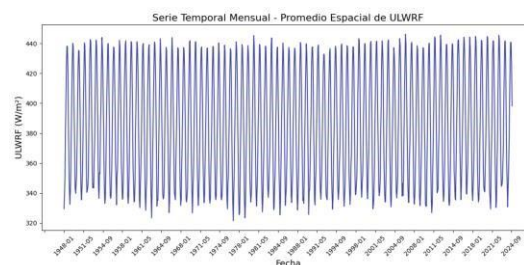
Amarillo: Representa las áreas con la menor radiación emitida.

Los valores van desde $150 W/m^2$ y $465 W/m^2$, como se muestra en la barra de colores a la derecha.

Información climática:

Valores altos (rojo, $\sim 465 W/m^2$): se encuentran en el suroeste de Estados Unidos y México, estas regiones suelen tener cielos despejados y altas temperaturas, características típicas de áreas áridas y semiáridas.

Valores bajos (amarillos, $\sim 150-240 W/m^2$): se concentran hacia el noreste de Estados Unidos, esto puede deberse a mayores coberturas nubosas, temperaturas más bajas y una menor emisión radiativa.



En la imagen se puede observar un patrón periódico con picos y valles regulares. **Picos $\sim 440 W/m^2$** : Puede corresponder a los meses de verano, cuando las temperaturas en la región son más altas y la radiación aumenta. **Valles $\sim 340 W/m^2$** : Puede estar asociado con los meses de invierno, cuando las temperaturas disminuyen y la emisión de radiación de onda larga es menor.

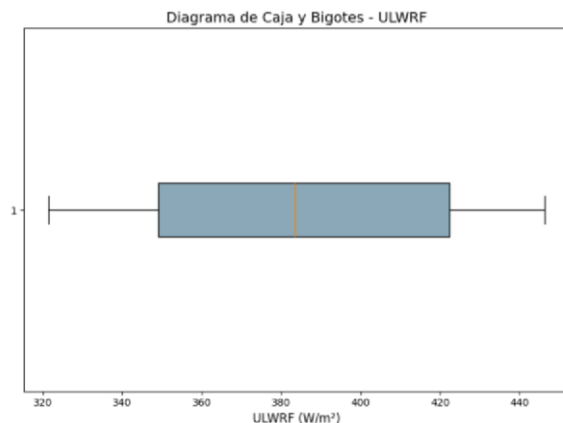
No parece haber una tendencia de incremento o disminución significativa en los valores promedio en el periodo analizado, esto puede indicar una relativa estabilidad en las condiciones climáticas promedio de la región durante el periodo de análisis

```
Estadísticos descriptivos:
count    922.000000
mean     385.096130
std       38.186085
min      321.457916
25%      349.138573
50%      383.430893
75%      422.404976
max       446.287476
Name: ulwrf, dtype: float64
```

4. Obtener una serie de tiempo mensual para la región asignada.

5. Calcular y graficar estadísticos descriptivos (diagrama de caja y bigotes, histograma).

El diagrama de caja y bigotes muestra la distribución de los valores de radiación de onda larga en términos de tendencia central y dispersión.



El rectángulo del gráfico representa los cuartiles:

Percentil 25% (Q1): Alrededor de 360 W/m^2 .

Mediana (Q2, línea naranja):

Aproximadamente 380 W/m^2 .

Percentil 75% (Q3): Alrededor de 400 W/m^2

W/m^2

Estos valores indican que el 50% de los datos se encuentran entre 360 W/m^2 y 400 W/m^2 , lo que refleja una dispersión moderada en los datos.

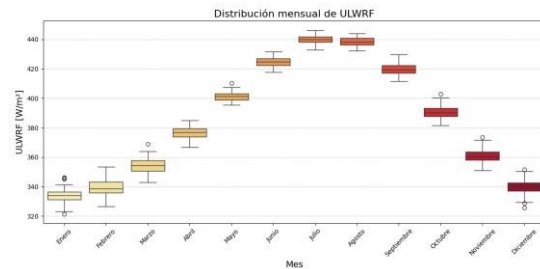
Los bigotes indican el rango de los datos que están dentro de 1.5 veces el rango intercuartílico desde Q1 y Q3.

Los valores extremos están aproximadamente entre 320 W/m^2 y 440 W/m^2 .

No hay puntos fuera de los bigotes, lo que sugiere ausencia de valores atípicos o anómalos en la distribución.

Podemos concluir que:

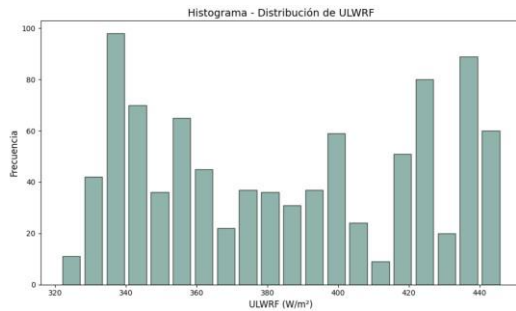
No se detectan valores atípicos evidentes. La leve asimetría hacia valores menores puede estar relacionada con variaciones climáticas en la región por ejemplo periodos con menor emisión de radiación en estaciones frías.



Este gráfico de cajas nos presenta la distribución de la variable ULWRF a lo largo de los 12 meses del año. Cada caja representa un mes, y los elementos dentro de cada caja nos proporcionan información sobre cómo se distribuyen los valores de ULWRF en ese mes particular. La altura de las cajas aumenta progresivamente desde enero hasta julio, lo que sugiere una tendencia estacional ascendente en los valores de ULWRF. Esto es típico en muchas variables climáticas, donde los valores máximos suelen ocurrir durante los meses más cálidos del año.

La longitud de las cajas y la presencia de valores atípicos indican la variabilidad de los datos dentro de cada mes. Algunos meses presentan una mayor dispersión de los valores que otros.

Este histograma representa la distribución de los valores del flujo de radiación de onda larga.



Los valores de la variable se distribuyen entre 320 W/m² y 440 W/m², lo que coincide con los datos obtenidos en el diagrama de caja.

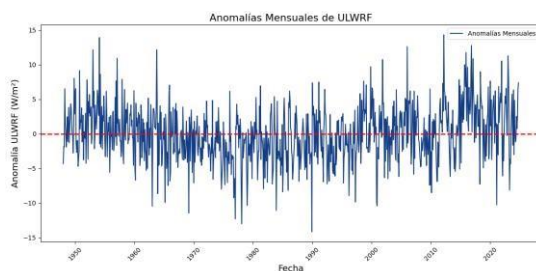
La distribución no es completamente uniforme, mostrando más acumulación en los extremos inferior y superior (320-340 W/m² y 420-440 W/m²), mientras que los valores intermedios (360-400 W/m²) son menos frecuentes.

Esto podría indicar variabilidad climática significativa en la región

La distribución de la variable sugiere la presencia de variaciones espaciales y temporales en la radiación de onda larga saliente en la región.

6. Calcular anomalías mensuales y analizar su comportamiento.

El gráfico de anomalías mensuales muestra cómo los valores de radiación de onda larga se desvían del promedio mensual histórico en la región.



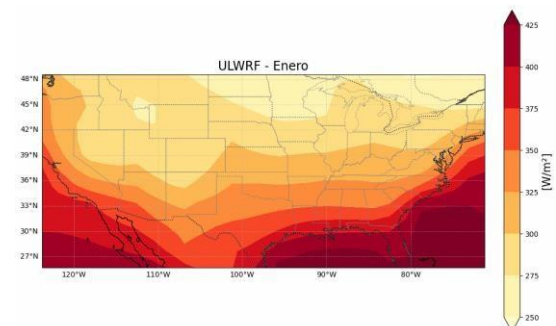
Se puede observar fluctuaciones rápidas entre valores positivos y negativos, lo que indica

una variabilidad significativa en las anomalías mensuales.

Las fluctuaciones en las anomalías pueden estar asociadas a eventos climáticos como El Niño o La Niña, que alteran los patrones normales de radiación.

Las anomalías no muestran un patrón estacional marcado, ya que la radiación ULWRF depende de diversos factores atmosféricos, como la temperatura superficial y la cobertura de nubes.

7. Ciclo anual multianual



La variable mide la radiación térmica emitida por la superficie terrestre hacia la atmósfera, los valores más altos suelen estar relacionados con áreas de altas temperaturas superficiales y cielos despejados.

Zonas cálidas (rojo oscuro): Esto refleja mayores niveles de radiación saliente debido a temperaturas más cálidas en estas áreas durante cada temporada

Zonas frías (amarillo claro): Esto tiene que ver con temperaturas superficiales más bajas en invierno y con mayor

nubosidad que disminuye la emisión de radiación.

Diciembre, Enero, Febrero (Invierno en el Hemisferio Norte):

Las regiones del norte tienen los valores más bajos del año debido a temperaturas muy frías.

Los meses más fríos en muchas áreas del hemisferio norte, con los valores de ULWRF más bajos en las latitudes medias y altas.

Marzo Abril Mayo (Primavera Hemisferio Norte)

Se observan valores más bajos en el sur, indicando que las temperaturas comienzan a aumentar, pero aún están moderadas debido a la transición del invierno a la primavera.

En el norte y zonas más frías, las bajas temperaturas reducen la radiación térmica emitida.

En mayo reflejan el impacto de temperaturas más cálidas a medida que se acerca el verano.

Junio, Julio, Agosto (verano en el Hemisferio Norte):

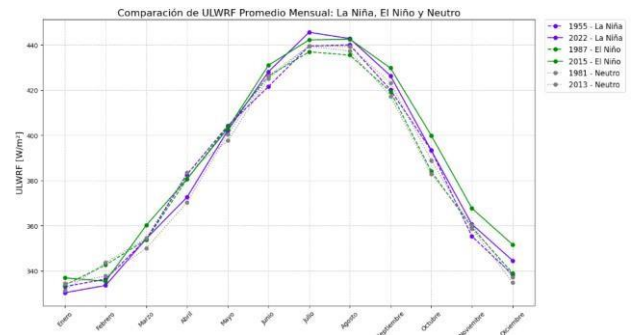
Las zonas del norte se puede observar un aumento notable en los valores, esto debido a la temporada más cálida en el hemisferio norte.

Las zonas con vegetación densa o nubosidad como el sureste pueden tener valores más bajos debido a una menor emisión.

Septiembre, Octubre, Noviembre (Otoño en el Hemisferio Norte):

Los valores comienzan a descender, especialmente en latitudes medias y altas, a medida que las temperaturas disminuyen con la temporada de otoño. En el sur, los valores disminuyen, aunque lentamente debido a la inercia térmica en áreas cálidas.

8. Comparación de ULWRF con La Niña, El Niño y Neutro



El gráfico muestra un patrón anual repetitivo, donde se puede observar: Aumento de ULWRF desde enero a un máximo en junio-julio.

Disminución de ULWRF de julio a diciembre.

Eventos de La Niña (1955 y 2022):

Los valores más bajos de la variable se observan durante estos eventos, especialmente de agosto a noviembre.

Esto puede deberse a que La Niña enfría las aguas del Pacífico ecuatorial, lo que reduce la temperatura superficial y, por lo tanto, la emisión de radiación de onda larga.

También un aumento en la nubosidad puede bloquear parte de la radiación emitida desde la superficie hacia la atmósfera superior.

Eventos de El Niño (1987 y 2015):

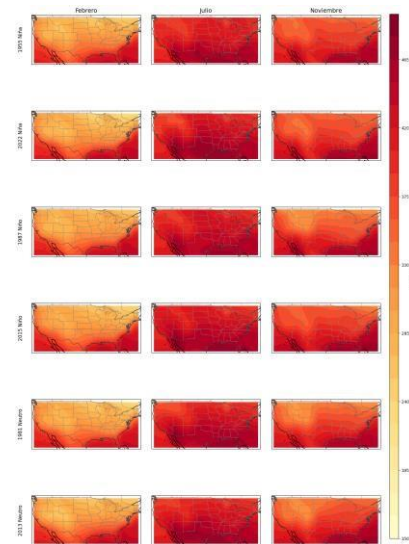
Los valores más altos de la variable están vinculados con estos eventos, especialmente de julio a noviembre. El Niño está relacionado con el calentamiento anómalo de las aguas del océano Pacífico ecuatorial, por lo que se incrementa la temperatura de la superficie terrestre y por esto la emisión de radiación de onda larga.

Aunque El Niño puede incrementar la precipitación en ciertos lugares, también puede reducir la nubosidad en otras áreas, permitiendo una mayor liberación de radiación hacia el espacio.

El Niño de 2015 muestra un impacto más fuerte, con valores más altos en comparación con 1987. Esto puede deberse a que en el 2015 El Niño se catalogó como uno de los eventos más intensos.

Condiciones neutras (1981 y 2013) Las condiciones neutras muestran valores de ULWRF intermedios entre los extremos de El Niño y La Niña. La ausencia de anomalías extremas en las temperaturas oceánicas, los valores de ULWRF permanecen más cercanos al promedio estacional, con una menor variabilidad.

Comparación de ULWRF con La niña, El Niño y Neutro en mapas



El gráfico que presentas muestra la distribución de la temperatura superficial en Estados Unidos durante diferentes meses y años, clasificados según los fenómenos climáticos de El Niño, La Niña y condiciones neutras. Cada mapa representa un mes específico (febrero, julio y noviembre) en un año determinado, y los colores indican la temperatura en cada región. Es evidente la variabilidad de la temperatura a lo largo del año. En general, las temperaturas son más altas en julio y más bajas en febrero, lo que coincide con los patrones estacionales típicos.



Durante los años de El Niño, se observa un aumento general de las temperaturas, especialmente en ciertas regiones de los Estados Unidos. Esto se debe a que El Niño suele traer condiciones más cálidas a muchas partes del mundo. Por el contrario, durante los años de La Niña, las temperaturas tienden a ser más bajas en algunas regiones, especialmente en el Pacífico ecuatorial. Sin embargo, los efectos de La Niña en la temperatura de los

Estados Unidos pueden ser más variables y regionales.

Referencias

Disaster Risk Reduction Program, Extreme Events Institute, Florida International University, & Florida International University, D. R. R. in the A. P. (2016). El Niño Oscilación del Sur (ENOS) 2015-16. In FIU-DRR Reporte No. 3.
https://drr.fiu.edu/enso-201516/reportno3_january2016_espanol.pdf

EVALUACIÓN DEL ESQUEMA DE RADIACIÓN DE ONDA LARGA USADO EN EL MODELO CPTEC/COLA. (2001).
http://met.igp.gob.pe/users/berlin/PUB/clima_berlin.PDF

1	Upward	Mean	Surface	Monthly	  
	Longwave				
	Radiation Flux				
/ ...s/ncep.reanalysis/Monthlies/surface_gauss/ulwrf.sfc.mon.mean.nc					