



---

**Universidad de Valladolid**

Facultad de Ciencias

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

Grado en Física

**Análisis de los contrastes de temperaturas en la  
superficie terrestre**

*Autor: Javier Olcoz Macayo*

*Tutor/es: Isidro A. Pérez*

*María Ángeles García*

# Índice

Índice.....	2
1. Resumen/Abstract .....	4
1.1. Resumen.....	4
1.2. Abstract.....	5
2. Introducción.....	6
2.1. Propósito y objetivo.....	6
2.2. Estudio de temperaturas y latitud .....	6
2.3. Temperaturas diurnas y nocturnas .....	10
3. Materiales y métodos .....	13
3.1. Obtención de datos.....	13
3.1.1. TERRA MODIS (EOS AM-1).....	13
3.2. Tratamiento de datos .....	14
3.2.1. Organización de datos .....	14
3.2.2. Estadísticos robustos .....	16
4. Resultados.....	21
4.1. Medianas .....	21
4.1.1. Mediana diurna .....	21
4.1.2. Mediana nocturna.....	26
4.1.3. Mediana de la diferencia entre valores diurnos y nocturnos.....	29
4.2. Rango intercuartílico (RIC) .....	32
4.2.1. RIC diurno .....	32
4.2.2. RIC nocturno .....	36

4.2.3. RIC diferencia entre valores diurnos y nocturnos .....	37
4.3. Índice Yule-Kendall .....	39
4.3.1. Índice Yule-Kendall de datos diurnos .....	39
4.3.2. Índice Yule-Kendall de datos nocturnos .....	40
4.3.2. Índice Yule-Kendall diferencia entre valores diurnos y nocturnos.	41
4.4. Curtosis robusta .....	43
4.4.1. Curtosis robusta de valores diurnos.....	43
4.4.2. Curtosis robusta de valores nocturnos .....	44
4.4.3. Curtosis robusta de la diferencia entre los valores diurnos y nocturnos .....	46
5. Conclusiones .....	48
6. Referencias.....	50

# 1. Resumen/Abstract

## 1.1. Resumen

Este estudio está centrado en las temperaturas de la superficie terrestre desde 2000 hasta 2019 divididos en tres casos, valores diurnos, valores nocturnos y diferencia entre ambos, a través de los datos proporcionados por la página oficial de la NASA. Aquí se ha hecho un estudio a través de los siguientes estadísticos robustos: mediana, rango intercuartílico, índice de Yule-Kendall y Curtosis robusta.

Al calcular las medianas de los valores diurnos y nocturnos, vimos que se dividen ambas en tres partes: una primera que recorre la zona templada y fría del hemisferio norte, con pendiente negativa, y llega hasta el trópico de Cáncer. Otra que recorre las latitudes situadas entre trópicos y una final desde el trópico de Capricornio hasta la zona fría del hemisferio sur, con pendiente positiva. Las mayores temperaturas se sitúan en los trópicos. La mediana de la diferencia de valores nos permite ver que los mayores cambios entre los valores se dan en los trópicos y los menores cambios se dan tanto en los polos como en el Ecuador.

Al calcular el rango intercuartílico vimos que las mayores dispersiones se daban en las zonas templadas del planeta, sobre todo en el hemisferio norte, y las menores dispersiones en el Ecuador y zona fría del hemisferio sur.

En cuanto al índice de Yule-Kendall, vimos que, tanto los valores diurnos como los nocturnos presentaban asimetría en los datos en la región comprendida entre los trópicos y bastante simetría en el resto.

Vimos, ya para acabar, que al calcular la curtosis robusta de ambos tipos de valores, las distribuciones de datos tienden a una forma platicúrtica no muy aplanada.

## 1.2. Abstract

This study is focused on the temperatures along the Earth surface from 2000 to 2019 divided in 3 cases, daytime values, nighttime values and the difference between them, getting the data from the NASA website. The study has been done through 4 robust statistics: median, interquartile range, Yule-Kendall index and robust kurtosis.

The median for both values, is divided in 3 parts: the first part goes all over the warm zone in the Northern Hemisphere, with negative slope, and finishes at Cancer's tropic. A second part that goes from the tropic of Cancer to the tropic of Capricorn. And a third part that goes from the tropic of Capricorn to the cold zone of the Southern Hemisphere, with positive slope. The highest temperatures are located on the tropics. The median of the difference shows that the biggest changes occur in the tropics. The lowest changes occur in the Equator and in the cold zones.

The interquartil range shows that the biggest data dispersion occurs in the warm zones, especially in the Northern Hemisphere and the lowest in the Equator and the cold zone of the Southern Hemisphere.

About the Yule-Kendall index, it shows that, at the latitudes between the tropics, there is an assimetry. For the rest of latitudes, there isn't a big assimetry.

The robust kurtosis shows that the data distributions have a platykurtic shape not much flattened.

## **2. Introducción**

### **2.1. Propósito y objetivo**

El propósito de este trabajo es analizar cómo varía la temperatura en la superficie de la Tierra. Todos alguna vez hemos pensado que cuanto más al sur, más temperatura; o que la temperatura en los desiertos es muy alta durante todo el día o todo el año. Gran parte de estas creencias proviene de la cultura histórica de las regiones, de elementos audiovisuales que consumimos etc. Con este trabajo haremos un estudio de toda la superficie terrestre, tanto de día como de noche para ver cómo es realmente la temperatura a lo largo de la superficie terrestre.

Las estaciones meteorológicas están distribuidas irregularmente en la superficie terrestre. Los satélites tienen la ventaja de que recogen información de toda la Tierra. Por eso el objetivo de este trabajo es actualizar la distribución latitudinal de temperaturas a través de datos de satélite que cubran las restricciones de los datos de superficie e investigar su contraste diario.

### **2.2. Estudio de temperaturas y latitud**

La temperatura es una magnitud difícil de describir a la par que difícil de medir de manera exacta. La física define la temperatura como la energía cinética de las partículas de las moléculas. La manera tradicional de medida es a través de diferentes tipos de termómetros como los de mercurio, pirómetros, termómetros de láminas bimetálica, de gas, de resistencia... La medida de la temperatura es necesaria dado que de dicha variable dependen

multitud de variables físicas como, por ejemplo, variables termodinámicas como la energía interna o el calor.

La atmósfera que rodea la Tierra hace posible la vida sobre el planeta, actuando como protectora contra las radiaciones procedentes del Sol y proporcionando el oxígeno que los animales necesitan para respirar, así como el dióxido de carbono imprescindible para las plantas. También, regula la temperatura para que no exista mucho contraste entre las temperaturas de día y de la noche.



**Fig. 1.** Efecto invernadero (AENOR, 2020).

La temperatura es uno de los parámetros meteorológicos de gran importancia en el estudio de calentamiento global (Liu et al., 2017). La temperatura global se estima que ha aumentado en los últimos 100 años 0,85 grados Celsius (IPCC, 2013). También se ha encontrado que la temperatura del otoño de estos dos últimos años pasados (2018-2019), ha sido la más cálida desde que se tiene constancia del registro de temperaturas. En España, la temperatura

media en el año 2018 fue 0,4 grados Celsius mayor que el promedio anual, siendo incluso un año muy húmedo (AEMET, 2019). Algunas de las consecuencias del calentamiento global son los eventos meteorológicos extremos, la variación en el régimen de precipitaciones con sequías e inundaciones, el retroceso de los glaciares y las olas de calor, que podrían causar daños a los seres humanos (Roudier et al., 2016; Wu et al., 2021). Todo esto influye en el aumento del nivel del mar en las últimas dos décadas (Flato & Boer, 2001). Por otra parte, el promedio de la temperatura no es suficiente para analizar la variación global del clima de la Tierra. De hecho, las tendencias en la temperatura media son debidas con frecuencia a cambios en las temperaturas máxima y mínima diarias. Por ello, el rango de la temperatura diaria es un indicador importante del cambio climático y proporciona más información que únicamente las temperaturas medias en la investigación del mismo (Braganza et al., 2004; Qu et al., 2014). Además, este rango de temperaturas puede afectar seriamente al medio ambiente global y al mundo natural, especialmente relacionado con el crecimiento de las cosechas, el agua requerida, el período de plantación e incluso con la salud humana y la tasa de mortalidad (Elnesr & Alazba, 2019). El rango diurno de temperaturas está influenciado por cambios en la nubosidad, el viento, la humedad del suelo, las precipitaciones, la presión a nivel del mar, el vapor de agua, la radiación solar (Cox et al., 2020; Lin & Qian, 2019; Rai et al., 2012) así como por otros factores, cambios en los usos del suelo y urbanización, entre otros (Pyrgou et al., 2019; Qu et al., 2014) . El aumento de la temperatura máxima y mínima no es uniforme en todo el planeta. Esta asimetría entre los cambios de las temperaturas se observa en que la temperatura mínima aumenta más deprisa que la temperatura máxima, dando lugar a un descenso en el rango de temperaturas (Pyrgou et al., 2019) documentan un descenso de -0,24 grados Celsius/década en una estación urbana y -0.36 grados Celsius/década en una estación suburbana en el Mediterráneo (en el periodo 1988-2017). En las últimas décadas (1979-2004) el aumento de la temperatura máxima es comparable al de la temperatura mínima, debilitando esa tendencia negativa

en el rango de temperaturas. Incluso en algunas regiones del norte de Eurasia, oeste de América del Norte y Australia se llega a observar un aumento del mismo (Bhutiyani et al., 2007; Qu et al., 2014; Rai et al., 2012).

La variación de temperatura depende de la relación que haya con la luz recibida por el sol y la reflejada por la atmósfera. La luz que se verá reflejada por la atmósfera, será mayor cuanto mayor sea la inclinación con la que incide en la misma respecto a su eje perpendicular. Si a esto le añadimos que el eje de rotación de la Tierra no coincide con el eje de traslación, tenemos como resultado que según avance el año la luz incidente varíe, dando lugar a las estaciones (invierno, primavera, verano y otoño).

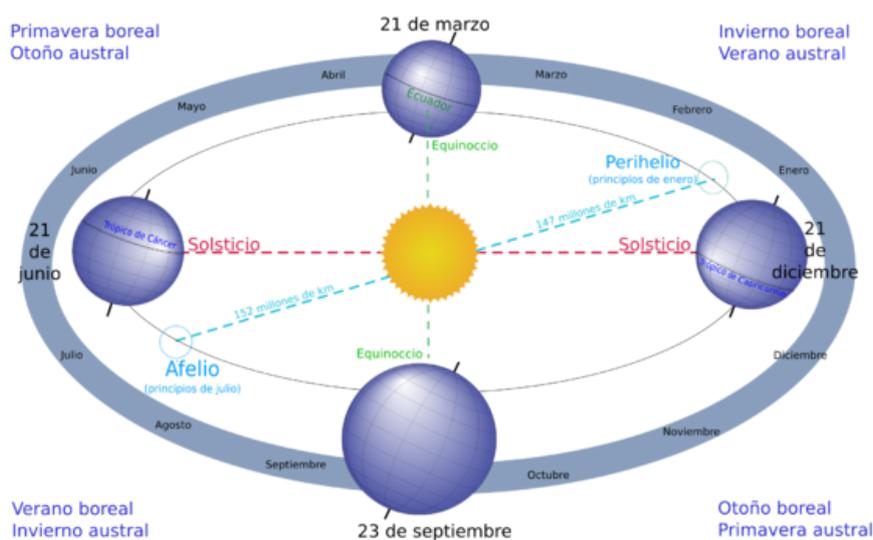


Fig. 2. Estaciones del año (Wikipedia, 2020).

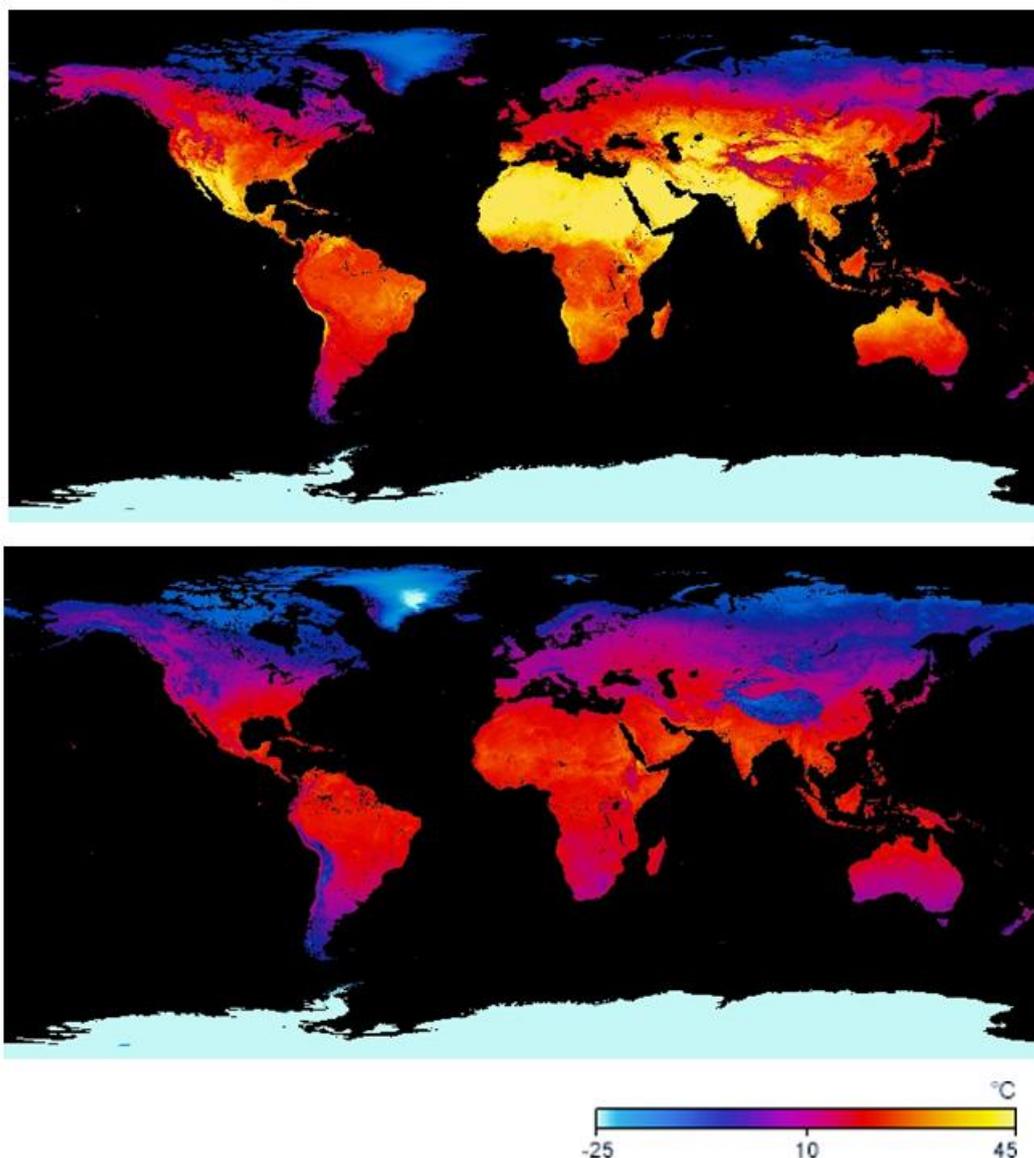
Este Trabajo de Fin de Grado contribuye a analizar las temperaturas diurnas y nocturnas mensuales de diversas estaciones meteorológicas distribuidas por todo el planeta para una mejor comprensión de los aspectos implicados en el calentamiento global, estudiaremos diversos estadísticos como la mediana, el rango intercuartílico, el índice de Yule-Kendall o la curtosis robusta con el fin de analizar dichas temperaturas.

Aquí es donde entra ahora el concepto de latitud y la importancia de la misma. Latitud es el ángulo que existe entre el plano del ecuador y un punto de la superficie de la tierra. Dependiendo en qué latitud nos encontremos, la luz del sol incidirá con una inclinación determinada. Esta es la base sobre la cual haremos el estudio, ver cómo esta latitud influye en cuanto a la temperatura de superficie terrestre.

## **2.3. Temperaturas diurnas y nocturnas**

Ya hemos visto que la relación directa que tiene la incidencia de luz con la latitud es un factor determinante para la temperatura de la región.

Cuando la luz del sol incide y se libera energía en forma de infrarrojo se produce el Efecto Invernadero. Este efecto hace que, aún sin incidencia directa, la superficie no se enfríe tanto. Sin embargo, la temperatura en la superficie baja mucho cuando no recibe esa incidencia directa, como reflejamos en la comparativa de la figura 3.



**Fig. 3.** Comparación entre las temperaturas diurnas y nocturnas, Mayo 2019 (neo.sci.gsfc.nasa, 2020).

Esta parte será objeto de estudio para nosotros, el ver en qué latitudes la superficie pierde más temperatura y en cuáles menos.

Hemos dividido el TFG en 4 partes. La primera parte está dedicada a ver cuáles son las medianas de las temperaturas para cada latitud y poder ver la dependencia directa con la misma. La segunda se basa en estudiar el rango intercuartílico de los datos con los que hemos trabajado para estudiar la dispersión de estos. La tercera parte estudia la simetría de los datos a través

del índice de Yule-Kendall. La cuarta y última se basa en estudiar el aplanamiento de la curva formada por los datos por medio de la curtosis robusta.

# 3. Materiales y métodos

## 3.1. Obtención de datos

Lo primero que hemos hecho ha sido descargar los datos de la página oficial de la NASA (<https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/>). Esta página ofrece datos de múltiples variables como temperaturas, precipitaciones, emisiones de diferentes gases a la atmósfera; recogidas todas ellas por dos satélites de la NASA: el TERRA MODIS y el AQUA MODIS.

### 3.1.1. TERRA MODIS (EOS AM-1)

Este satélite tiene una franja de visualización de 2330 km de ancho y 10 km en dirección Nadir (intersección entre la vertical del observador y la esfera celeste). Ve cada punto de la Tierra una vez cada poco más de 24 horas, cruzando el Ecuador todos los días a las 10:30. El MODIS o Espectrorradiómetro de imágenes de media resolución, trabaja en 36 bandas espectrales discretas. Cada banda tiene un uso primario:

Bandas 1-2: Tierra, nubes, aerosoles límite.

Bandas 3-7: Tierra, nubes, aerosoles propiedades.

Bandas 8-16: color del océano, fitoplancton y biogeoquímica.

Bandas 17-19: atmosférico, vapor de agua.

Bandas 20-23: superficie y nubes.

Bandas 24-25: atmosférico.

Bandas 26-28: nubes cirrus y vapor de agua.

Banda 29: propiedades de nubes.

Banda 30: ozono.

Bandas 31-32: superficie y nubes.

Bandas 33-36: tope de nubes, altitud.

Por ello, para nuestros datos, se habrá recopilado la información procedente de las bandas 1, 2 y 3.

## **3.2. Tratamiento de datos**

### **3.2.1. Organización de datos**

Una vez descargados los archivos, los ordenamos de tal forma que obtuviésemos un valor de la temperatura para cada 0.1 grado de latitud, empezando en los 89.95 grados o 89.95 grados norte y variando de 0.1 en 0.1 hasta llegar a los -89.95 grados o 89.95 grados sur, haciendo así un total de 1800 valores que describan la temperatura en ese momento en la Tierra.

Las temperaturas que nos proporcionaba la página eran las temperaturas con una resolución de 0.1 grados de cada mes, diferenciando el día y la noche. Por lo que, al final, nuestro programa se diseñó para que crease una tabla de medianas latitudinales en donde la primera columna fuesen los grados de latitud y el resto de columnas fuesen el año y los meses (AA/MM), haciendo un total de 240 columnas sobre las que trabajar.

Tenemos así 1.800 filas por 240 columnas, trabajando entonces con un total de 432.000 datos.

Teniendo ya todo listo, vimos que surgía el primer problema. Aunque la tecnología actual cada vez sea más potente, aún no es posible crear satélites que recojan los datos en ciertas regiones por ser demasiado bajas las temperaturas o por no haber suficiente superficie terrestre. Este problema se hace más importante a medida que nos dirigimos hacia los polos haciendo así que la mayoría de medidas realizadas en torno a estas latitudes sean nulas o no sean fiables, por lo que se han de descartar a la hora de realizar un estudio estadístico dado que si se tuviesen en cuenta, alterarían los resultados. Las latitudes que han manifestado mayores problemas en las medidas y por lo tanto ha sido imposible trabajar sobre ellas van desde los 89.95 a 83.45 grados, desde los -55.35 a -63.25 grados y desde los -68.15 a -89.95 grados, tanto en las medidas nocturnas como en las diurnas.

Por lo tanto vemos que este estudio no va a ser válido para todo el globo sino para las latitudes comprendidas entre los 83.45 a -55.35 grados y entre -63.25 a -68.15 grados.

Vemos que estos problemas se encuentran con mucha más frecuencia en el hemisferio sur, en el cual hemos obviado casi 30 grados debido a la falta de información. Esto es debido a que nuestro satélite mide la temperatura en la superficie de la Tierra, no en el agua y a partir de los -65 grados no hay prácticamente Tierra más allá de la Antártida, tal como muestra la Fig. 4.



**Fig. 4.** Distribución de los continentes en el hemisferio sur (Wikipedia, 2020).

### 3.2.2. Estadísticos robustos

En este apartado vamos a definir los estadísticos que hemos usado para realizar el estudio. Para ello lo primero que vamos a explicar es qué es el concepto de cuantil. Se entiende por cuantil el valor de la variable, de datos ordenados, a estudiar que la divide en partes, de tal forma que cada una de ellas contiene el mismo número de frecuencias

Los cuantiles más usados son:

1. Percentil: divide a la distribución de la variable en 100 partes.
2. Deciles: divide a la distribución de la variable en 10 partes.
3. Quintiles: divide a la distribución de la variable en 5 partes ( $q_{0.20}$ ,  $q_{0.40}$ ,  $q_{0.60}$ ,  $q_{0.80}$ ).
4. Cuartil: divide a la distribución de la variable en 4 partes ( $q_{0.25}$ ,  $q_{0.50}$ ,  $q_{0.75}$ ).

En nuestro estudio nos centraremos en usar los cuartiles dado que el resto de nuestros estadísticos estarán descritos en función de estos.

Como bien hemos dicho, los cuartiles dividen a la distribución en 4 partes, como bien se muestra en la Fig. 5 dejando así un primer cuartil, un segundo cuartil y un tercer cuartil.

Si nombramos “n” como el número total de datos en una distribución:

El primer cuartil se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$q_{0.25} = \frac{n + 1}{4}$$

El tercer cuartil se calcula a través de la fórmula:

$$q_{0.75} = \frac{3(n + 1)}{4}$$

El segundo cuartil es igual a la mediana, la cual la veremos en el apartado 3.2.2.1.

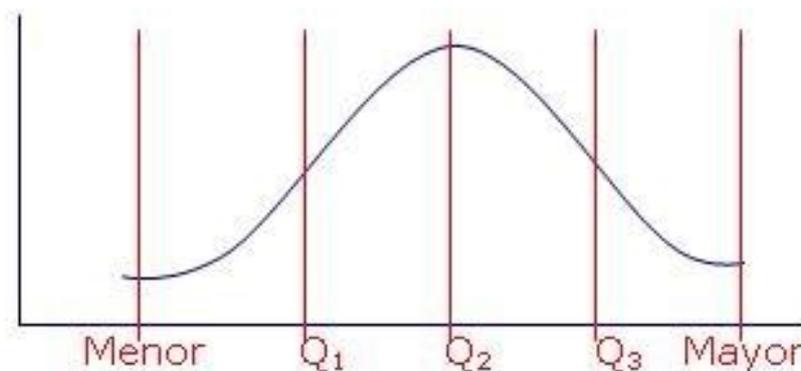


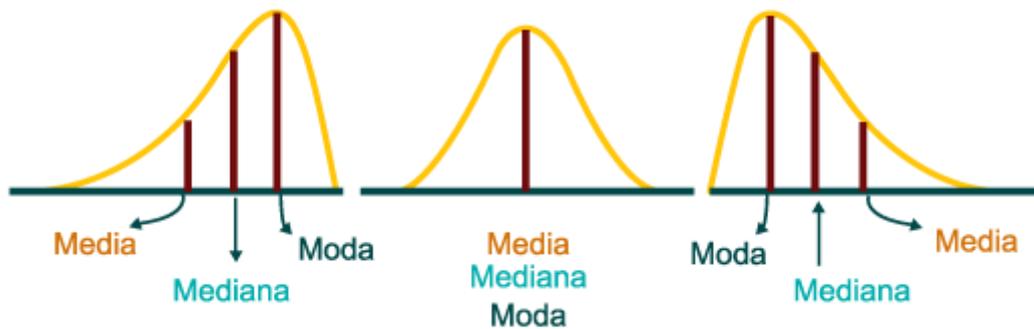
Fig. 5. Distribución dividida en cuartiles (Servidor Alicante, 2020).

Una vez visto qué son y cómo se calculan los cuartiles pasamos a describir los estadísticos.

### **3.2.2.1. Mediana**

Este estadístico representa el valor de la variable que ocupa la posición central en una serie de datos ordenados. En el caso de que la distribución tenga un número par total de datos, la mediana es la media entre los valores que ocupan las posiciones centrales. Es equivalente al segundo cuartil.

La mediana es un estadístico robusto dado que, a diferencia de la media y la moda, la cual es el valor con mayor frecuencia dentro de la distribución, es insensible a los valores extremos dado que lo importante no sólo es el valor sino también su frecuencia. Esto hace que sea muy útil para nuestro estudio.



**Fig. 6.** Diferencia entre media, mediana y moda en diferentes distribuciones (Ceipa, 2020).

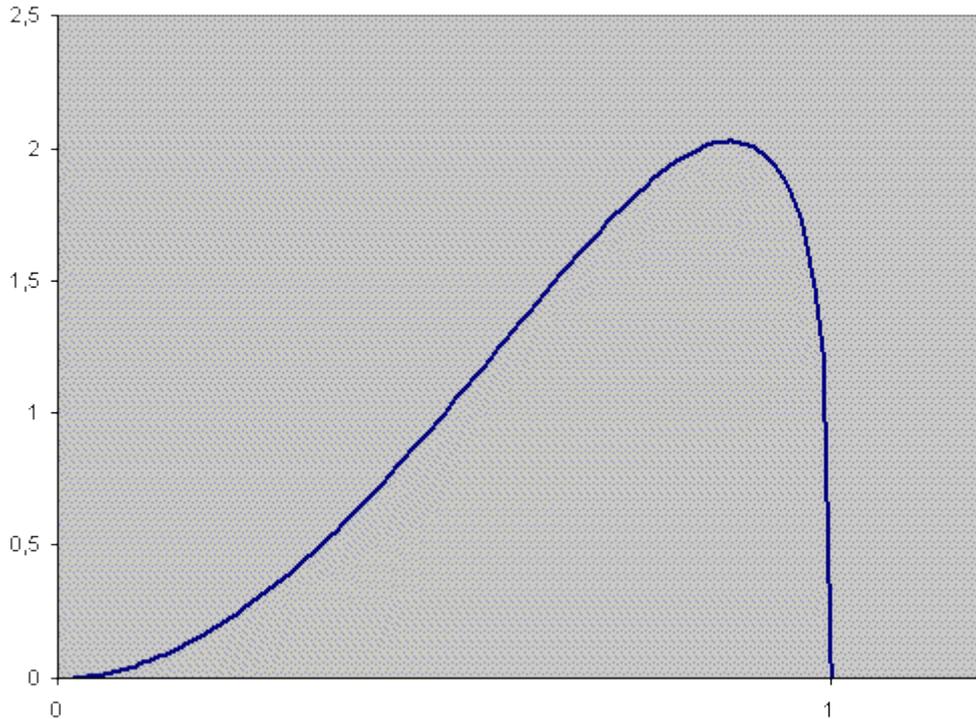
### 3.2.2.2. Rango intercuartílico (RIC)

El rango intercuartílico o RIC es una medida de dispersión que viene dada por la diferencia entre el tercer y el primer cuartil:

$$RIC = q_{0.75} - q_{0.25}$$

Este estadístico es de gran robustez dado que no tiene en cuenta los valores más extremos de la dispersión, haciendo, así, que no afecten a la hora de estudiar la dispersión de la distribución.

Cuando tenemos que una distribución es muy asimétrica, como la presentada en la Fig. 7, los estadísticos que permiten realizar un mejor estudio son la mediana y el RIC en lugar de la media y la desviación típica, dado que son magnitudes menos sensibles a cambios bruscos.



**Fig. 7.** Ejemplo distribución asimétrica (Uva, 2020).

### ***3.2.2.3. Índice Yule-Kendall***

Este índice es considerado como un indicador de simetría. Su valor puede ser desde -1 hasta 1. Viene dado por la siguiente fórmula:

$$\gamma_{Y-K} = \frac{q_{0.25} - 2q_{0.5} + q_{0.75}}{RIC}$$

En los apartados 3.2.2.1. y 3.2.2.2. dijimos que para distribuciones con gran asimetría era mucho más eficiente usar la mediana y el RIC en el análisis, pues bien, con este índice podemos ver cuán exagerada es dicha asimetría y hacia qué lado se produce la misma, si hacia valores más altos o valores más bajos que la mediana. Tiene valores positivos cuando la distribución tiene una cola derecha y negativos cuando tiene una cola izquierda.

### 3.2.2.4. Curtosis robusta

La curtosis robusta es un indicador de aplanamiento que nos permite ver la cantidad de datos que hay cercanos a la mediana. La expresión que la describe viene dada por:

$$C_R = \frac{q_{0.75} - q_{0.25}}{2(d_{0.9} - d_{0.1})}$$

Dónde la  $d_{0.9}$  se refiere al noveno decil y  $d_{0.1}$  se refiere al primer decil.

Los valores de esta magnitud pueden oscilar entre 0 y 0.5 siendo valores cercanos a 0 (primera curva Fig. 8) los que nos indican que la forma es muy apuntada y la mayoría de los valores se agrupan entorno a la mediana, siendo los valores cercanos a 0.5 (tercera curva Fig. 8) los que nos indican que la forma es muy aplanada y los valores no se encuentran muy agrupados entorno a la mediana; y siendo 0.26 el valor que describe una distribución gaussiana (curva central Fig. 8)

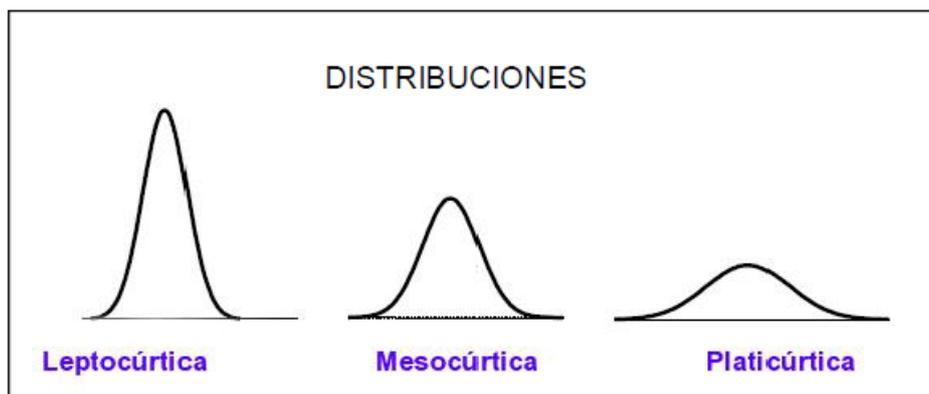


Fig. 8. Tipos de distribuciones según su aplanamiento (Servidor Alicante, 2020).

# 4. Resultados

## 4.1. Medianas

### 4.1.1. Mediana diurna

La primera mediana que obtuvimos es la formada por todos los datos diurnos. Estos datos van desde febrero de 2000 hasta diciembre de 2019. Para la mejor visualización, se ha condensado todo en una dispersión por puntos donde el eje Y corresponde a la latitud y el eje X a la temperatura.

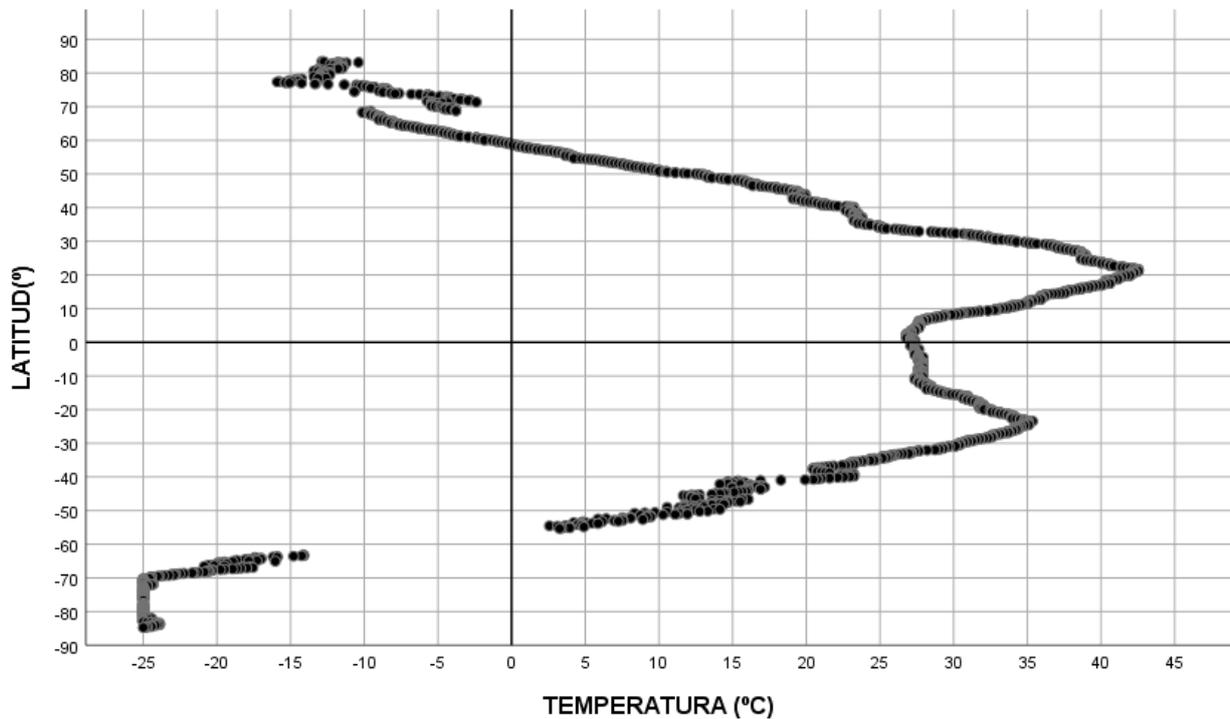
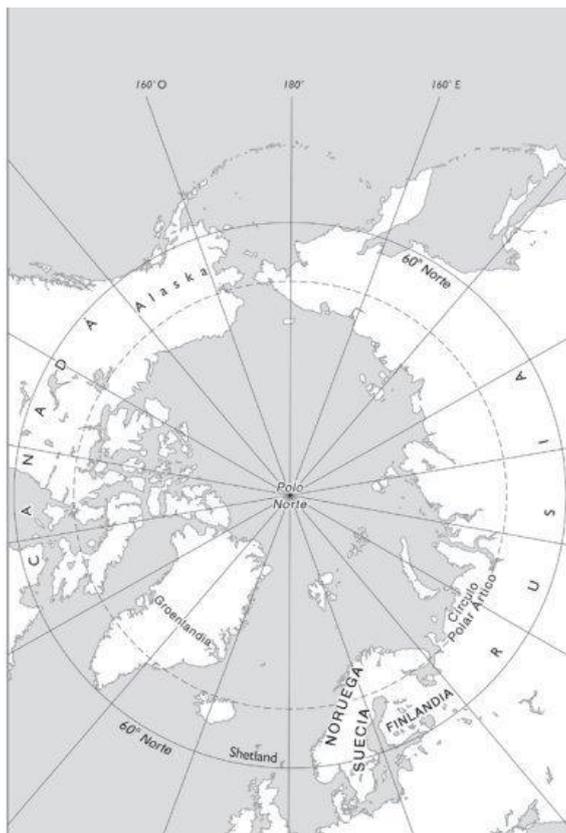


Fig. 9. Mediana de datos diurnos.

En esta primera gráfica vemos que para latitudes superiores a 80 grados y latitudes inferiores a -70 grados, la gráfica pierde su trazado y los datos se superponen haciendo complicado su estudio. Esto es debido a la poca cantidad de superficie terrestre que hay en las latitudes señaladas.

Para latitudes mayores de 60 grados y menores de -60 grados el promedio de las temperaturas recogidas es inferior a 0 grados Celsius. Esto significa que la mayor parte de las temperaturas diarias a lo largo de los últimos 20 años han sido menores a 0 grados Celsius. Regiones importantes situadas en estos intervalos podrían ser Groenlandia, Alaska, Noruega, Suecia, Finlandia, la parte norte de Rusia, Canadá o Islandia en el hemisferio norte y únicamente la Antártida en el hemisferio sur tal como se muestra en la Fig. 10. (Wang & Clow, 2020)

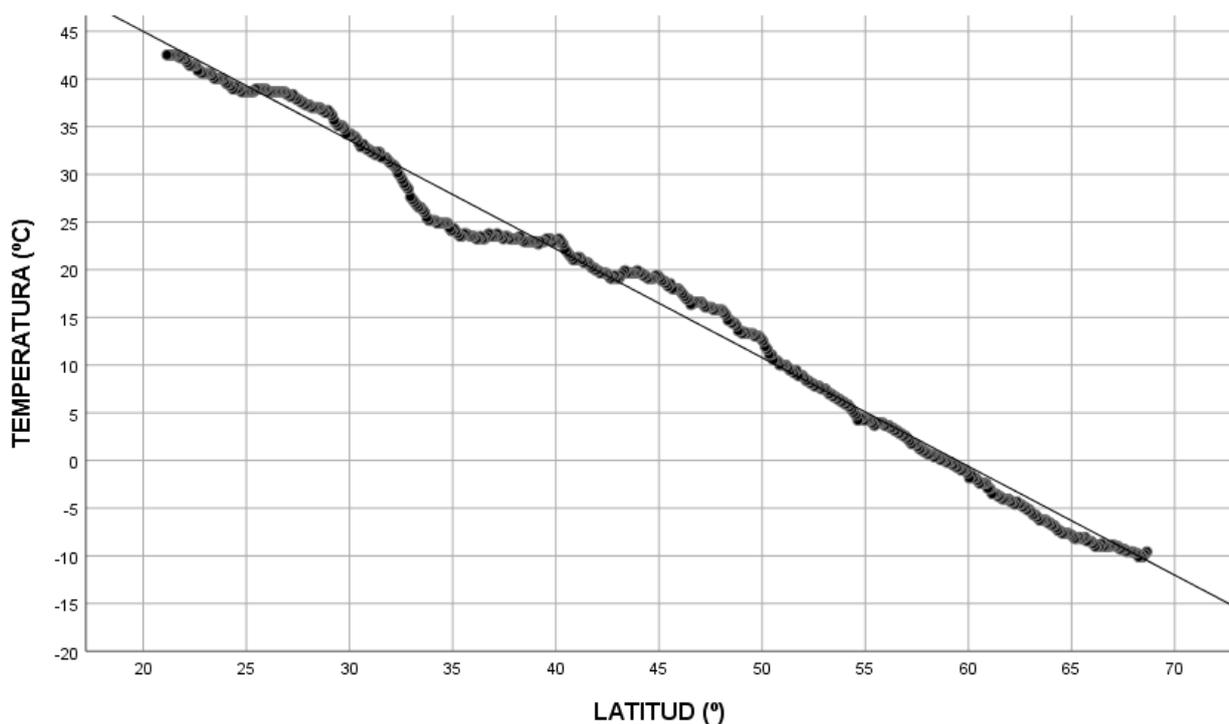


**Fig. 10.** Distribución de los continentes por encima de los 60 grados norte (Zendalibros, 2020).

Vemos ahora que entre los 70 grados y los 20 grados hay una linealidad con pendiente negativa, cuya ecuación viene dada, como se muestra en la Fig. 11, por:

$$y = 67,78 - 1,14x \quad (1)$$

En la ecuación (1), el eje “y” corresponde a la temperatura y el eje “x” a la latitud. La gráfica de la Fig. 11 consta de 476 puntos y su coeficiente de correlación es  $r = 0.9955$  (Lu et al., 2009; Montgomery, 2006).



**Fig. 11.** Ajuste lineal intervalo entre 68,65 y 21,15 grados norte.

Esto implica que cuánto más cerca estemos del trópico de Cáncer, situado a 23,5 grados norte, mayor será la temperatura durante el día (Elnesr & Alazba, 2019). En este trópico observamos el máximo de la gráfica, alcanzando una temperatura de hasta los 43 grados Celsius. Hay que señalar que esa temperatura no es sólo del mes más cálido sino un promedio de todos los meses del año. Países localizados en el trópico de Cáncer son, Fig. 14,

Hawái(USA), México, Bahamas, Sahara Occidental, Mauritania, Malí, Argelia, Níger, Libia, Chad, Egipto, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Omán, India, Bangladés, Birmania y China (Wu et al., 2021). La mayoría de territorio que cruza este trópico pertenece al continente africano, seguido por el continente asiático.



**Fig. 12.** Trópico de Cáncer (Wikipedia, 2020).

Nos desplazamos a las latitudes sur y vemos que entre los -55 grados hasta los -20 grados también se sigue una linealidad como se muestra en la Fig. 13.

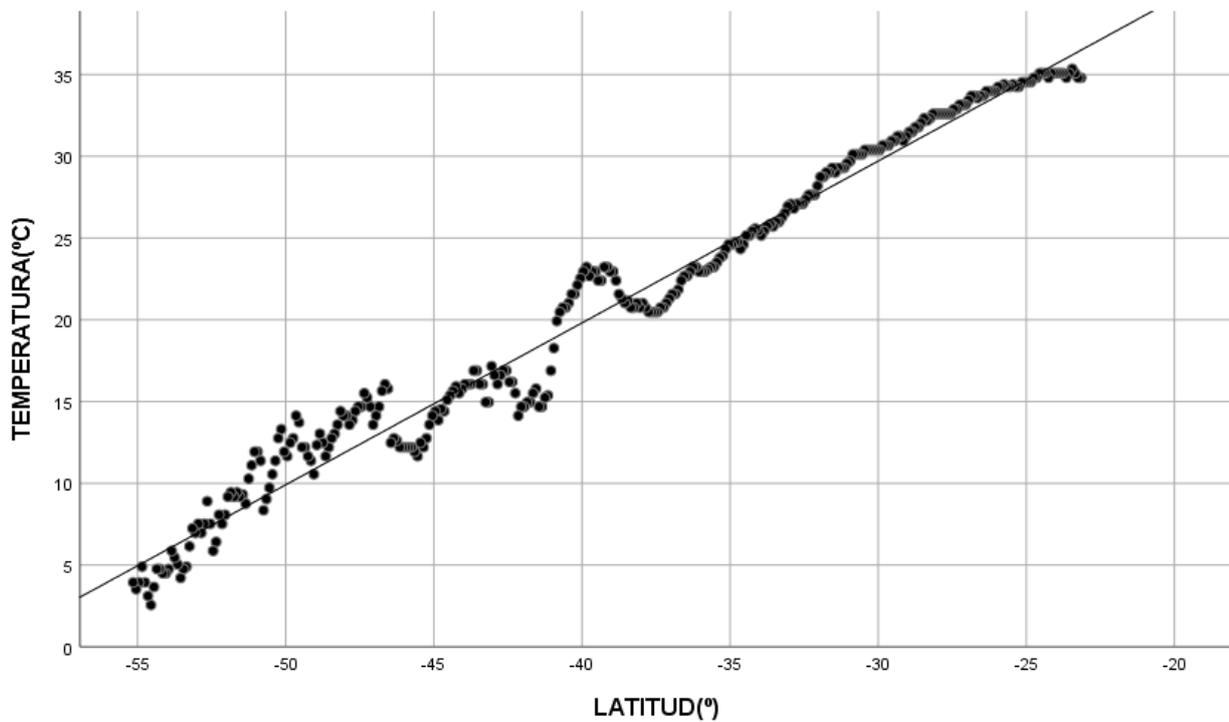


Fig. 13. Ajuste lineal intervalo entre 23,15 y 55,15 grados sur.

En este caso la pendiente es positiva y su ecuación viene dada por:

$$y = 59,41 + 0,99x \quad (2)$$

En la ecuación (2), el eje “y” corresponde a la temperatura y el eje “x” a la latitud. La gráfica de la Fig. 13 consta de 320 puntos y su coeficiente de correlación es  $r = 0.9879$ .

Haciendo que la máxima temperatura observada en el hemisferio sur coincida con el trópico de Capricornio situado a -23,5 grados, Fig. 14. Este máximo es de unos 36 grados Celsius durante el día (Feulner et al., 2013). Los países que atraviesa este trópico son Chile, Argentina, Paraguay, Brasil, Namibia, Botsuana, Sudáfrica, Mozambique, Madagascar y Australia (Hendon et al., 2007). La diferencia de temperatura podríamos atribuirla a la mayor presencia de superficie continental en el hemisferio norte, lo cual determinaría un calentamiento más intenso.



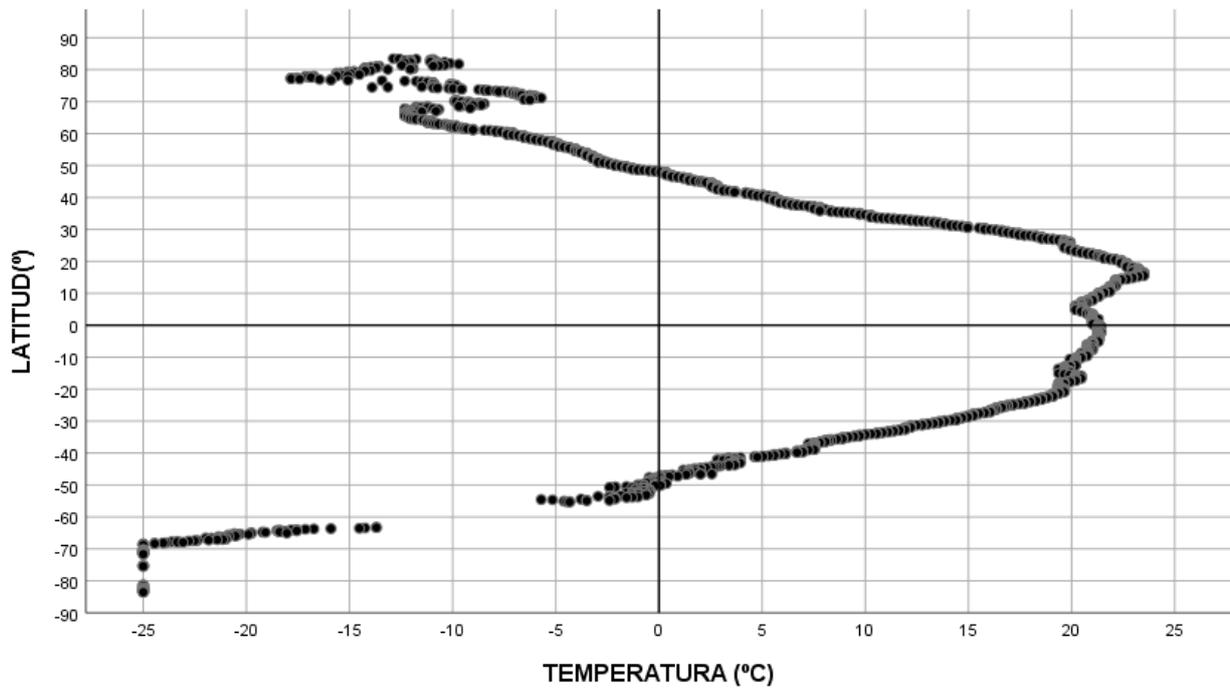
**Fig. 14.** Trópico de Capricornio (Wikipedia, 2020).

En la región intermedia entre los trópicos tenemos el Ecuador. La temperatura en esta región es menor a encontrada en los trópicos y equiparable a la que se da en latitudes de 30 grados y -30 grados.

La temperatura por debajo de los 70 grados sur es complicada de estudiar dado que casi no hay superficie salvo la Antártida, en la cual, las temperaturas suelen ser menores a 0 grados Celsius durante todo el año. (Kwok & Comiso, 2002).

#### **4.1.2. Mediana nocturna**

Pasamos ahora a estudiar la mediana formada por los datos nocturnos. Estos datos van desde febrero de 2000 hasta diciembre de 2019. Para la mejor visualización, se ha condensado todo en una dispersión por puntos igual que la utilizada para el horario diurno mostrada en la Fig. 15.



**Fig. 15.** Mediana de valores nocturnos

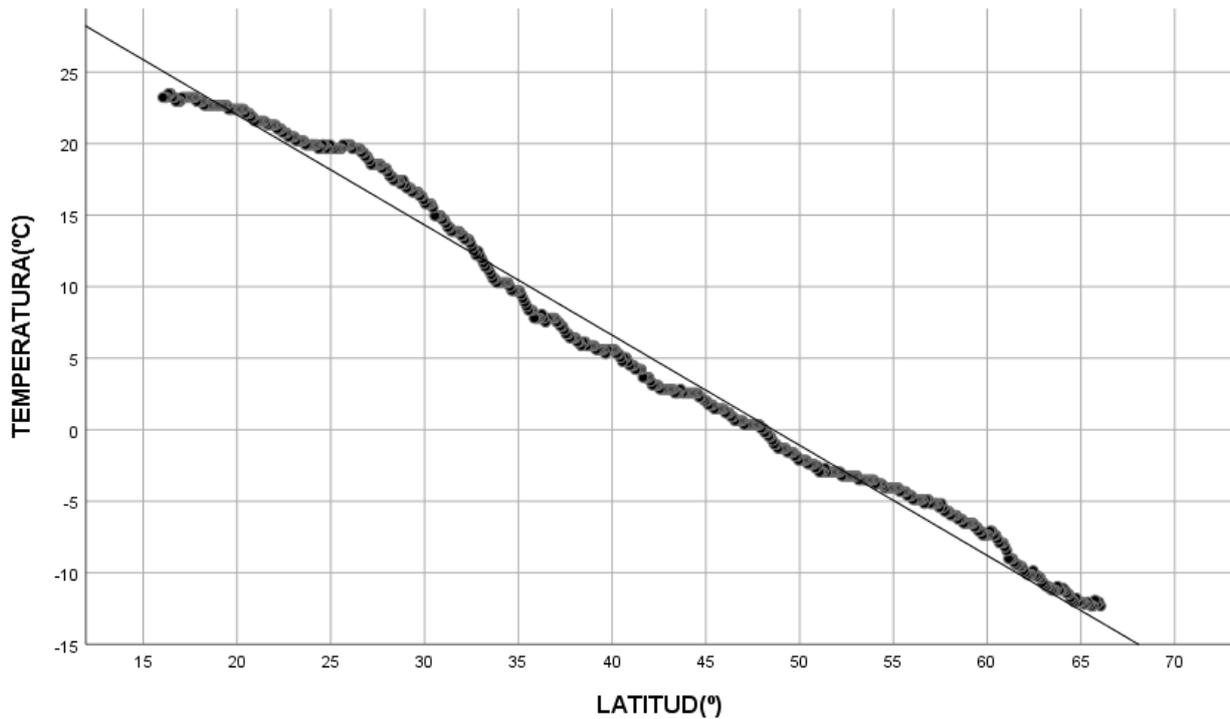
El procedimiento para describir esta gráfica será análogo al realizado con la mediana de los datos diurnos.

La Fig. 15 muestra que los datos procedentes de las latitudes mayores de 70 grados y menos de -70 grados son muy poco fiables dado que están yuxtapuestos y no hay suficiente superficie terrestre para que los datos recogidos sean fiables.

En horario nocturno, las latitudes cuyos promedios son menores a 0 grados Celsius son las superiores a 50 grados y las inferiores a -50 grados. Se tienen 10 grados de latitud más en cada hemisferio dentro de las temperaturas negativas en comparación con los valores diurnos (Williams & Thorp, 2015).

En cuanto al hemisferio norte se refleja la misma linealidad que la observada en los datos diurnos, siendo la latitud con mayor temperatura muy cercana otra vez al trópico de Cáncer, a unos 15,05 grados latitud norte y su temperatura igual a 23,5 grados Celsius. La ecuación que describe esta linealidad viene dada por:

$$y = 37,41 - 0,77x \quad (3)$$



**Fig. 16.** Ajuste lineal intervalo 66,05 a 15,05 grados norte.

En la ecuación (3), el eje “y” corresponde a la temperatura y el eje “x” a la latitud. La gráfica de la Fig. 16 consta de 500 puntos y su coeficiente de correlación es  $r = 0.9939$ .

En el hemisferio sur vemos también la linealidad, sin embargo, su máximo ya no coincidirá con el trópico de Capricornio debido a que la gráfica ha variado en esa región respecto a la gráfica de datos diurnos. En este trópico vemos que hay un punto dónde cambia la gráfica y rompe con la pendiente que se tenía en el hemisferio sur. Vemos así que la temperatura en el Ecuador (21,5 grados Celsius) es intermedia entre las temperaturas de los trópicos (23,5 y 20,5 respectivamente).

Vamos ahora a ver la pendiente que habría en la recta del hemisferio sur comprendida entre las latitudes 55,35 y 21,05 grados sur. Esta pendiente viene dada por la siguiente ecuación:

$$y = 34,47 + 0,7x \quad (4)$$

En la ecuación (4), el eje “y” corresponde a la temperatura y el eje “x” a la latitud. La gráfica de la Fig. 17 consta de 344 puntos y su coeficiente de correlación es  $r = 0.9939$ .

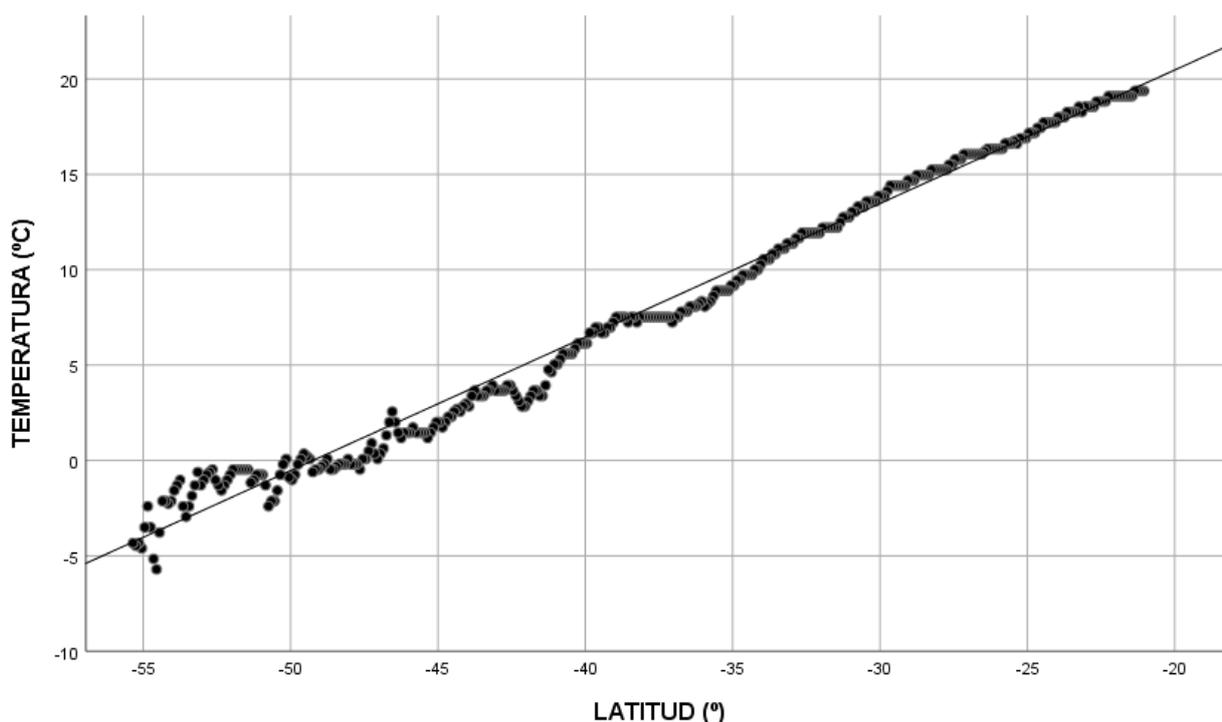


Fig.17. Ajuste lineal intervalo 21,05 a 55,35 grados sur.

#### 4.1.3. Mediana de la diferencia entre valores diurnos y nocturnos

Lo que queremos en este apartado es, ya habiendo analizado las temperaturas diurnas y nocturnas, ver su cambio. Para ello hemos hecho un tercer estudio en el cual se han restado las temperaturas nocturnas a las diurnas y se han

vuelto a calcular los estadísticos sobre los nuevos datos. Es bastante importante conocer esta interacción entre las temperaturas nocturnas y diurnas sobre todo para entender los ecosistemas de las diferentes regiones y cómo afecta la ausencia de rayos de luz directos a cada región.

Para comenzar con la comparación empezaremos presentando en la Fig. 18 la mediana resultante de este proceso, graficada de igual forma que las anteriores.

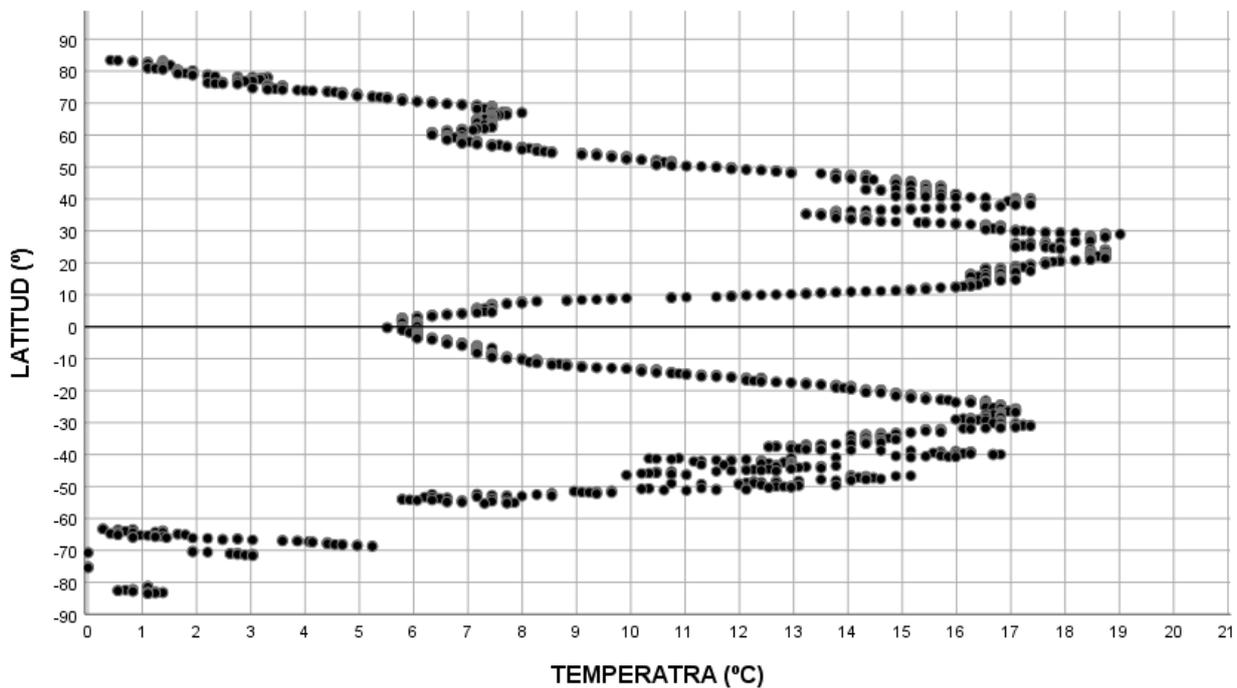


Fig. 18. Mediana de la diferencia entre los valores diurnos y nocturnos.

Lo primero que observamos es que para latitudes cercanas a los polos, no hay mucha diferencia en cuanto al intervalo escogido, habiendo entre 1 y 2 grados de diferencia entre ambos casos.

Empecemos por el hemisferio norte. Desde los 83 grados hasta los 68 grados la tendencia es clara, la diferencia de temperatura entre el día y la noche va aumentando en función de la disminución en la latitud. Sin embargo, entre los

68 grados y los 60 grados esto se invierte. Curiosamente, vemos que a 60 grados norte es el punto en el que la mediana de valores diurnos supera los 0 grados Celsius. Seguimos avanzando y vemos la misma tendencia de antes hasta llegar a los 40 grados. A esa latitud, la diferencia entre valores diurnos y nocturnos es de 17,5 grados Celsius. Sin embargo, avanzando 5 grados hasta llegar a los 35 la diferencia es sólo de 12 grados Celsius (El Kenawy et al., 2019), esta diferencia puede deberse a que a esa latitud encontramos tanto el mar Mediterráneo como la zona montañosa de India y Nepal, más en concreto, el Himalaya (Bhutiyan et al., 2007). Aún mayor es la diferencia si nos posicionamos en los 30 grados, aquí se encuentra la diferencia máxima entre los valores horarios de un total de 19 grados Celsius; esto puede deberse a que en dicho paralelo encontramos el desierto del Sáhara. Entre los 30 y los 20 grados norte no hay una gran diferencia debido a ser zonas muy cercanas al trópico (Cox et al., 2020).

Ahora vamos a analizar la mayor aportación de este gráfico. La parábola formada entre los 20 y los -20 grados con centro en el Ecuador. Esta diferencia es de casi 14 grados Celsius a lo largo de los 20 grados norte y de casi 12 grados a lo largo de los 20 grados sur, todo esto tiene una relación directa con la radiación solar incidente (Sokolov et al., 2018).

En el hemisferio sur, la tendencia es más difusa y es más complicado entender la zona situada entre el trópico y los -50 grados pero se podría predecir por simetría con el hemisferio norte que las tendencias son las mismas.

## 4.2. Rango intercuartílico (RIC)

### 4.2.1. RIC diurno

Ahora nos vamos a centrar en un estadístico que se emplea para estudiar la dispersión.

Este estadístico nos ayudará a entender mejor cómo varían las temperaturas a lo largo de los meses, haciendo visible los diferentes tipos de climas presentes en la Tierra, presentados en la Fig. 19.

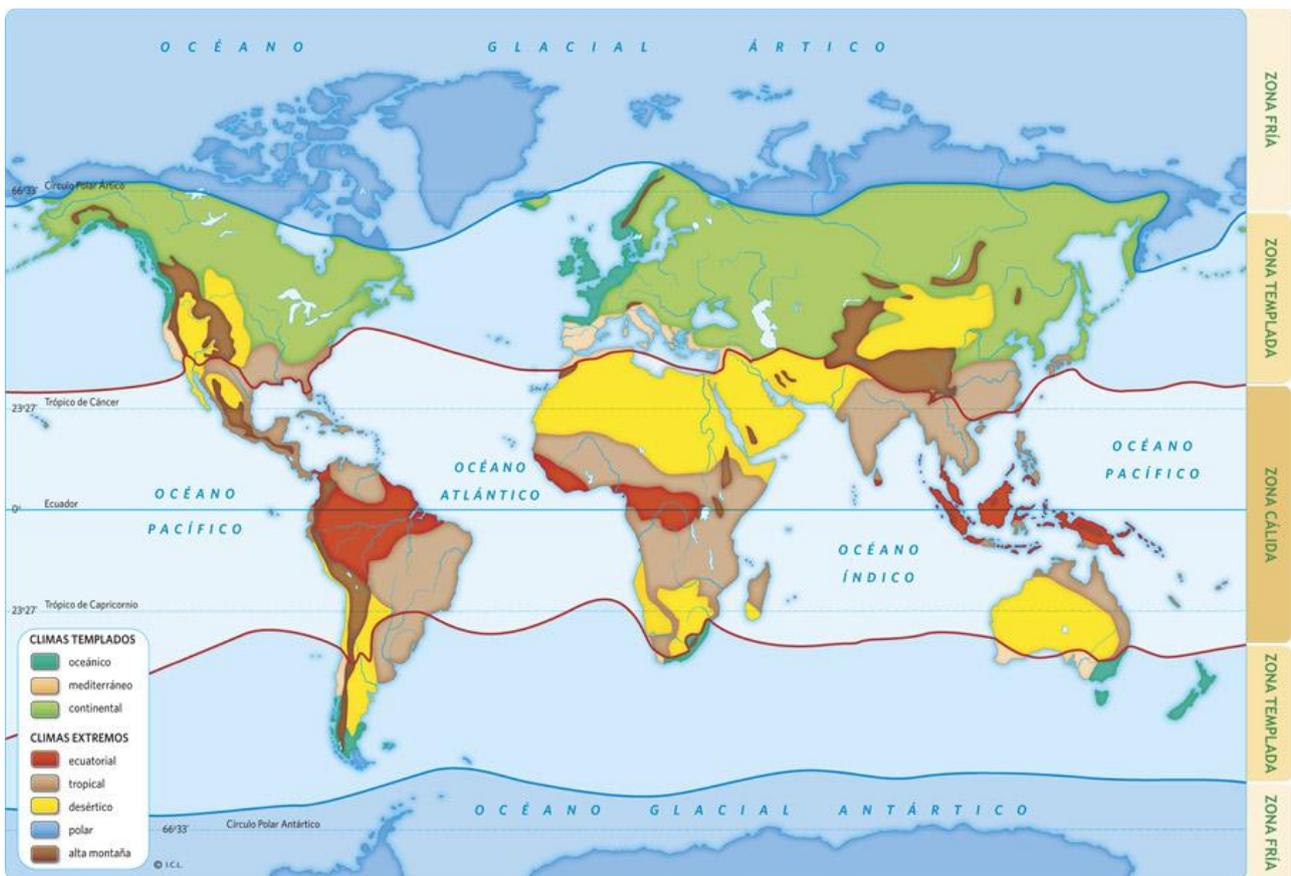


Fig. 19. Climas en La Tierra (Sociales, 2020)

En primer lugar, hemos estudiado esta variable para el caso diurno. Para ello, hemos graficado el RIC de manera que en el eje Y esté la latitud y en el eje X la temperatura. Esta temperatura es la distancia que hay entre el primer cuartil y el tercero.

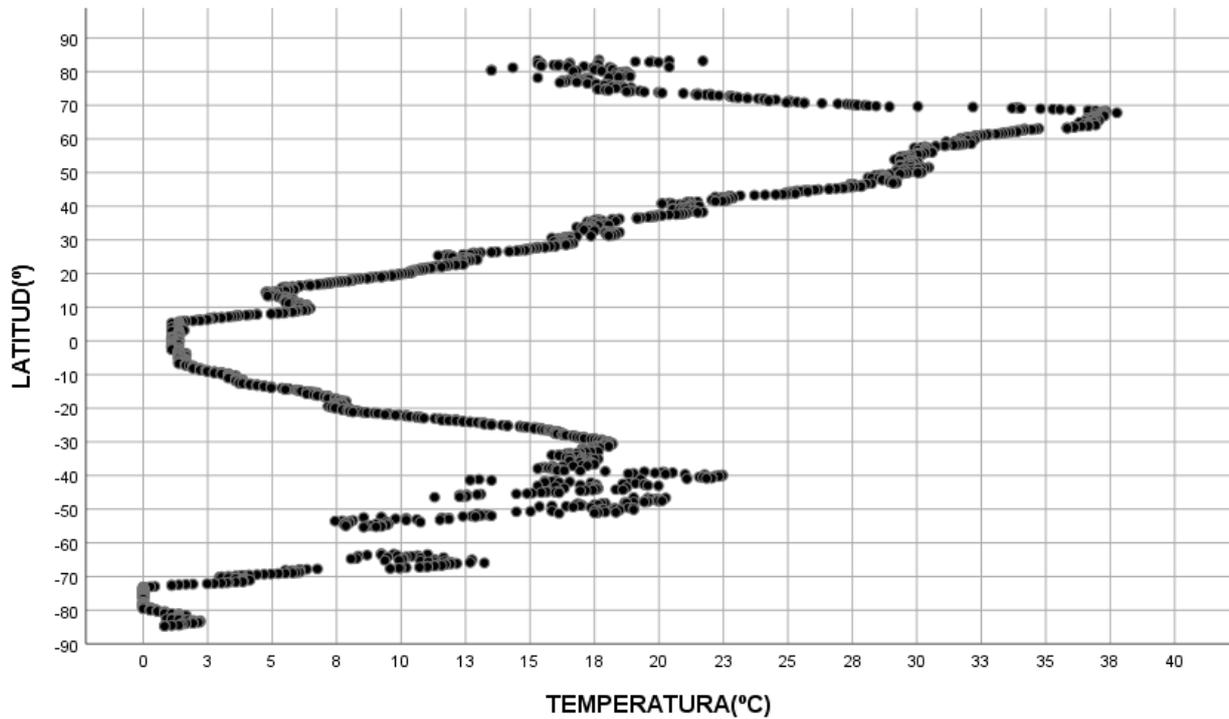


Fig. 20. RIC diurno

Como en las gráficas anteriores, nos vamos a centrar en las latitudes comprendidas entre 80 grados norte y 60 grados sur.

Para los 80 grados norte, vemos que el RIC es de 17,5 grados Celsius. A partir de ese punto y hasta llegar a los 70 grados norte, el RIC crece de una forma importante llegando hasta los 37,5 grados Celsius de diferencia. Este punto es en el cual la diferencia entre primer y tercer cuartil es mayor. Si nos fijamos en la gráfica de la mediana de los valores diurnos, vemos que a 70 grados norte es el punto en el que comienza la pendiente. A esa latitud, la mayor parte de los valores se sitúan en temperaturas muy bajas por lo que el primer cuartil estará bastante por debajo de 0 grados Celsius. Sin embargo, a

esas latitudes, en verano la temperatura sube por encima de 0 grados Celsius llegando incluso, en algunas regiones de Alaska y Siberia a alcanzar los 20 grados Celsius en verano (Sun et al., 2016). Todo esto hace que el tercer cuartil se sitúe en 12,5 grados Celsius y aparezca así un RIC tan sumamente elevado como el que tenemos (Lindvall & Svensson, 2014).

Avanzamos ahora en la gráfica, desde los 70 grados norte hasta el Ecuador, tenemos una pendiente bastante uniforme que hace que cuanto más cerca estemos de latitudes bajas, menor sea nuestro RIC. Esto nos permite ver la influencia de las estaciones en los climas de cada región. Desde los 70 grados norte, latitud en la cual se desarrolla un clima polar, hasta los 30 grados norte, los climas que se desarrollan en estas regiones son oceánicos, continentales y mediterráneos. El que más va a contribuir a este estudio es el clima continental dado que es el que más abunda en estas latitudes. En dicho clima las estaciones son muy relevantes en cuanto a temperaturas, habiendo temperaturas cercanas a 0 en invierno y temperaturas de entre 25 y 35 grados en verano. Es por ello que el RIC en estas zonas siga siendo elevado pero con tendencia descendente a medida que nos acercamos a latitudes inferiores a 30 grados (Pyrgou et al., 2019). A esta zona se le denomina zona templada.

Pasamos ahora a ver qué ocurre con la determinada zona cálida de la Tierra. Cuando llegamos a latitudes cercanas a los 30 grados lo que más encontramos son climas desérticos debido a la abundancia de zonas áridas y bajas precipitaciones sobre todo en África, Oriente Medio y América Central. Si avanzamos por ese paralelo hasta llegar al sudeste asiático vemos que en esa zona el clima cambia hacia un clima más tropical. En estas zonas la cantidad de radiación proveniente del sol es más constante que para el intervalo estudiado anteriormente, por ello el RIC cada vez va siendo menor. En éstas zonas la temperatura también viene marcada por la variabilidad en las precipitaciones.

Llegamos al Ecuador. En este punto la cantidad de radiación solar es muy constante durante todo el año haciendo que las estaciones no sean muy relevantes en cuanto a la temperatura. Las precipitaciones son constantes habiendo una única estación en cuanto a las mismas.

A lo largo del hemisferio sur ocurre una cosa parecida en cuanto al tramo tropical. Desde los 0 grados hasta los 30 grados sur la pendiente es simétrica a la del hemisferio norte. El clima tropical afecta a todo el intervalo, desde los 30 hasta los -30 grados.

La clave del hemisferio sur viene ahora, a partir de los 30 grados sur y hasta los 65 grados sur, la gráfica se vuelve complicada de leer debido a la superposición de puntos. Esta superposición hay que entender que viene dada por dos cosas. La poca cantidad de superficie que hay por debajo de esa latitud, y la cantidad de climas que ahí se dan. Al no tener una superficie extensa con un clima uniforme, la dispersión no se vuelve lineal sino que es más confusa. Hay que entender que entre los 30 y 65 grados sur, se encuentra la siguiente superficie presentada en la Fig. 21.



**Fig. 21.** Superficie terrestre entre los 30 y 65 grados sur (Wikipedia, 2020).

En este intervalo de latitudes, concluimos que la latitud no es la única variable determinante en cuanto a la temperatura de la región.

A partir de los 65 grados sur, el RIC tiende a cero debido a que la superficie de tierra es única, homogénea, con el mismo clima y muy cercana al eje de rotación de la Tierra, implicando esta última cuestión, una cantidad muy constante de radiación a lo largo del año. En este caso tanto el primer cuartil

como el tercero se localizan cerca de los -25 grados Celsius, que es nuestro mínimo, por eso el RIC en algunas latitudes es 0.

#### 4.2.2. RIC nocturno

En este apartado veremos si la ausencia de luz directa afecta al RIC en las diferentes regiones del planeta. El procedimiento será el mismo que en apartado anterior, el estadístico graficado de igual forma en la Fig. 22.

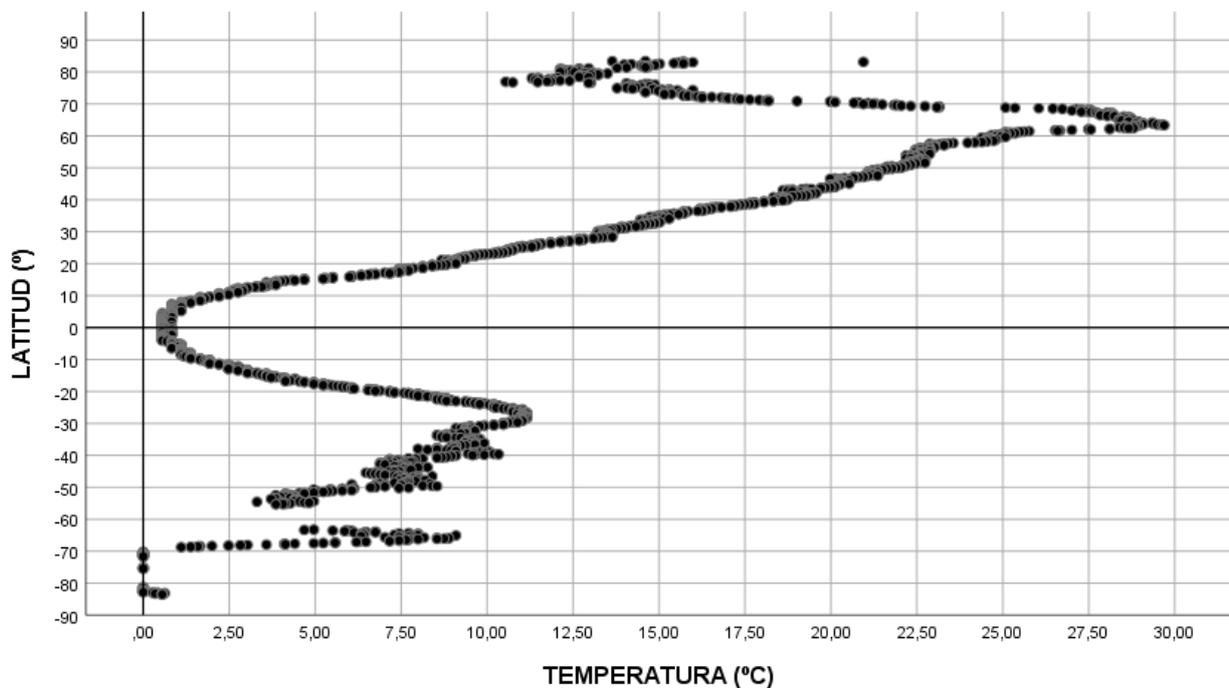


Fig.22. RIC nocturno

Vemos que la gráfica es prácticamente igual a la del uso diurno. En el hemisferio norte, la pendiente es más pronunciada dado que en el Ecuador la dispersión es la misma pero a 70 grados norte la diferencia de cuartiles es de 8 grados menos.

En el hemisferio sur pasa exactamente igual que en el norte. La pendiente es más pronunciada debido a que a 30 grados sur la diferencia de cuartiles es 6 grados menor.

Podemos concluir que con los valores nocturnos la dispersión de temperaturas es menor que con los valores diurnos.

### 4.2.3. RIC diferencia entre valores diurnos y nocturnos

Calculamos ahora el RIC de la resta de los valores diurnos menos los nocturnos y graficamos sobre el resultado en la Fig. 23, igual que en los apartados anteriores.

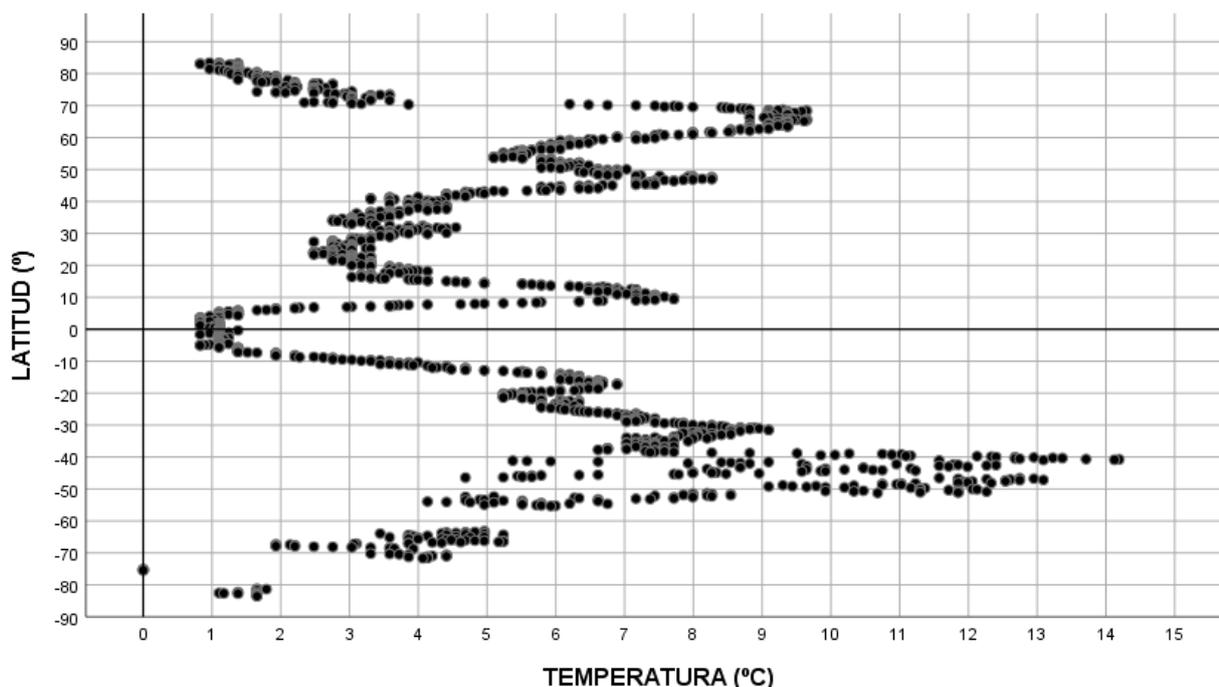


Fig. 23. RIC diferencia día - noche.

En este apartado lo que podremos observar es en qué puntos o latitudes afecta más el hecho de no haber luz directa.

Así, de primera vista, vemos que las tendencias se rompen bastante y lo único que sigue lo esperado es el comportamiento entre los 10 grados norte y los 20 grados sur con centro en el Ecuador (Cox et al., 2020).

Empezando por el hemisferio norte, vemos que se observa que a 70 grados norte la diferencia es la mayor de todo el hemisferio. Desde ese punto hasta el Ecuador podría haber una tendencia si no fuera por dos intervalos que la rompen. El primero formado por las latitudes comprendidas entre 53 y 40 grados norte con máximo a 47 grados norte. Esta región comprende casi toda Europa y parte de Asia y América del Norte. El segundo formado por las latitudes comprendidas entre 15 y 7 grados norte con máximo a 10 grados norte.

En esas regiones afecta más que haya luz directa que en el resto de regiones del hemisferio norte.

En el hemisferio sur vemos que se rompe la tendencia en la latitud 18 grados sur hasta los 30 grados sur con máximo a 20 grados sur, muy cerca del trópico de Capricornio. A partir de los 30 grados sur volvemos a lo explicado en el apartado *4.2.1.* concluyendo que no se pueda hacer un estudio de la latitud.

## 4.3. Índice Yule-Kendall

### 4.3.1. Índice Yule-Kendall de datos diurnos

Este índice mide la simetría de una distribución. Es un estadístico robusto y resistente.

Empezamos analizando los resultados obtenidos de este índice para valores diurnos presentados en la Fig. 24.

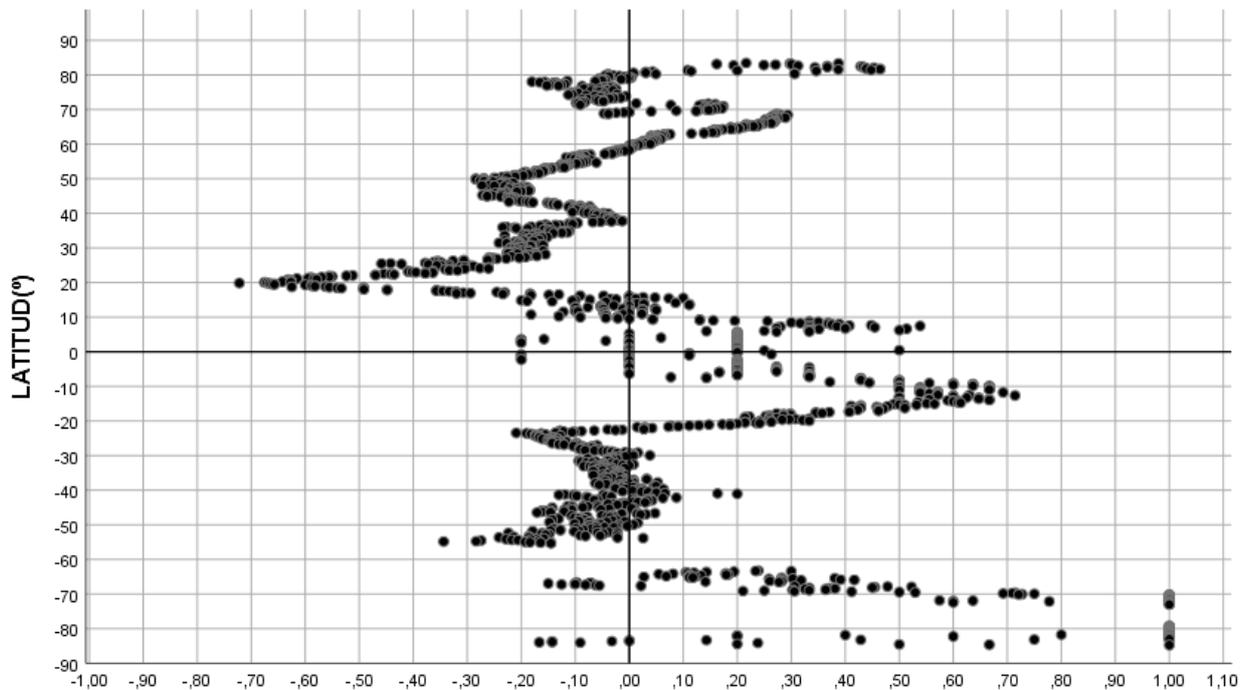


Fig. 24. Índice Yule-Kendall valores diurnos.

Si nos fijamos en el hemisferio norte, vemos que la mayor parte de los resultados se inclinan hacia la izquierda. En este hemisferio vemos que la mayoría de los puntos se encuentran entre 0 y -0,3 (Alina Ștefania, 2017), excepto en la región comprendida entre 30 grados norte y 18 grados norte. En esta región encontramos el mínimo de la gráfica con valor -0,7 a 20 grados norte (Cavanaugh & Shen, 2014; Perron & Sura, 2013). Es un notable sesgo negativo, lo que implica una parte importante de valores bajos, alejándose así

de ser una distribución gaussiana (Garfinkel & Harnik, 2017; Linz et al., 2018).

Desde los 10 grados norte hasta los 10 grados sur, la mayor parte de puntos se acumulan en tres valores: -0,2; 0; 0,2 (Cavanaugh & Shen, 2014; Perron & Sura, 2013).

En el hemisferio sur vemos como desde los 20 grados sur hasta los 55 grados sur, hay una nube de puntos comprendida entre los valores 0,1 y -0,2 (Cavanaugh & Shen, 2014; Perron & Sura, 2013). Por debajo de estas latitudes encontramos varios máximos con valor en 1 a 70 y 80 grados sur, siendo estos casos muy aislados con distribuciones irregulares.

### 4.3.2. Índice Yule-Kendall de datos nocturnos

Pasamos ahora a analizar este índice para valores nocturnos que presentamos en la Fig. 25.

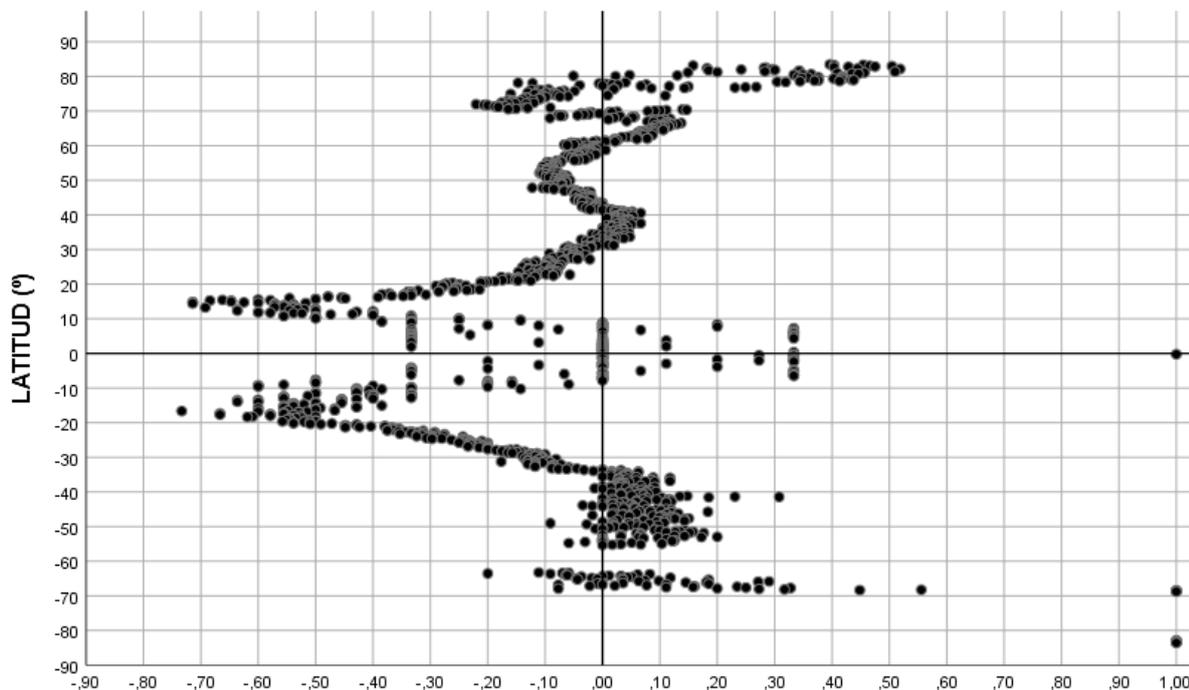


Fig. 25. Índice Yule-Kendall valores nocturnos.

En este horario vemos como desde los 70 hasta los 30 grados norte, la gráfica oscila en torno al valor 0, yendo desde -0,1 hasta 0,8. En este hemisferio la

mayoría de los datos se encuentran entre esos valores. Al llegar a 28 grados norte, se aprecia una tendencia hacia valores negativos llegando al mínimo del hemisferio a 13 grados norte con valor de  $-0,7$ . En la región comprendida entre 10 grados norte y 10 grados sur, tenemos la misma distribución de antes, una nube indistinta de puntos dónde relucen tres columnas en los valores  $-0,32$ ;  $0$ ;  $0,32$ .

En el hemisferio sur encontramos el mínimo en los 18 grados sur con valor de  $-0,73$ . A partir de este punto hay una pendiente hasta el valor  $0$  a 32 grados sur. Desde los 32 hasta los 60 grados sur, hay un cúmulo de puntos sin orden ninguno en torno al valor  $0$ .

### 4.3.2. Índice Yule-Kendall diferencia entre valores diurnos y nocturnos

En los apartados anteriores hemos visto que en ambos tipos de datos se seguían los mismos patrones, ahora vamos a ver cómo quedarían los resultados de la diferencia de ambos que presentamos en la Fig. 26.

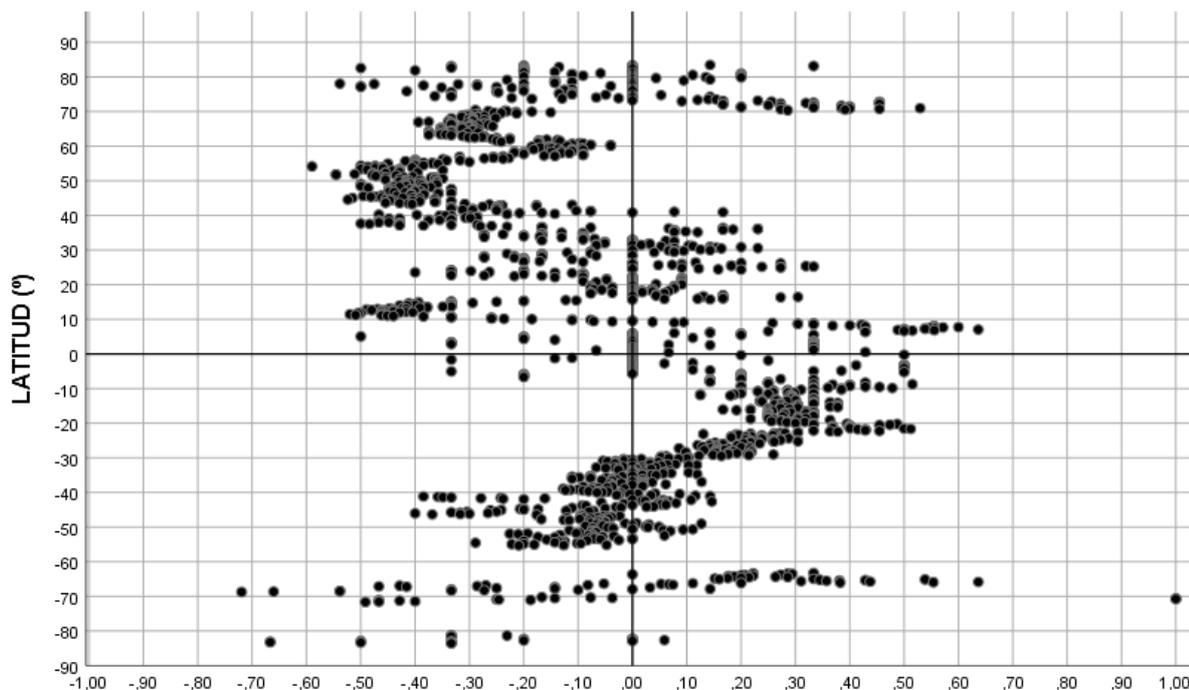


Fig. 26. Índice Yule-Kendall diferencia horarios.

En esta ocasión los datos son más difíciles de interpretar. Vemos que en el hemisferio norte, desde los 70 hasta los 40 grados norte todos los puntos se localizan en valores negativos mientras que en el hemisferio sur, desde los 10 hasta los 30 grados sur, todos los valores se localizan en valores positivos. El resto de la gráfica consta de valores que se distribuyen desde 0,3 hasta -0,3 sin seguir ningún patrón. Lo único destacable es la gran nube de puntos en torno al 0 en el hemisferio sur, propio de las gráficas anteriores.

## 4.4. Curtosis robusta

En este apartado vamos a ver cómo se distribuyen los valores de las temperaturas alrededor de la zona central de la distribución de frecuencias.

### 4.4.1. Curtosis robusta de valores diurnos

Distinguiremos el estudio de la Fig. 27 en 4 áreas. La primera es la comprendida por latitudes entre 60 y 90 grados norte. En esta región los valores se encuentran en la gráfica entre 0,28 y 0,44, indicando así que son por tanto distribuciones de temperaturas platicúrticas que no se aproximan a la mediana en esas latitudes. La media de estos valores estaría en 0,40 por lo que vemos que la curva sería muy aplanada (Perron & Sura, 2013).

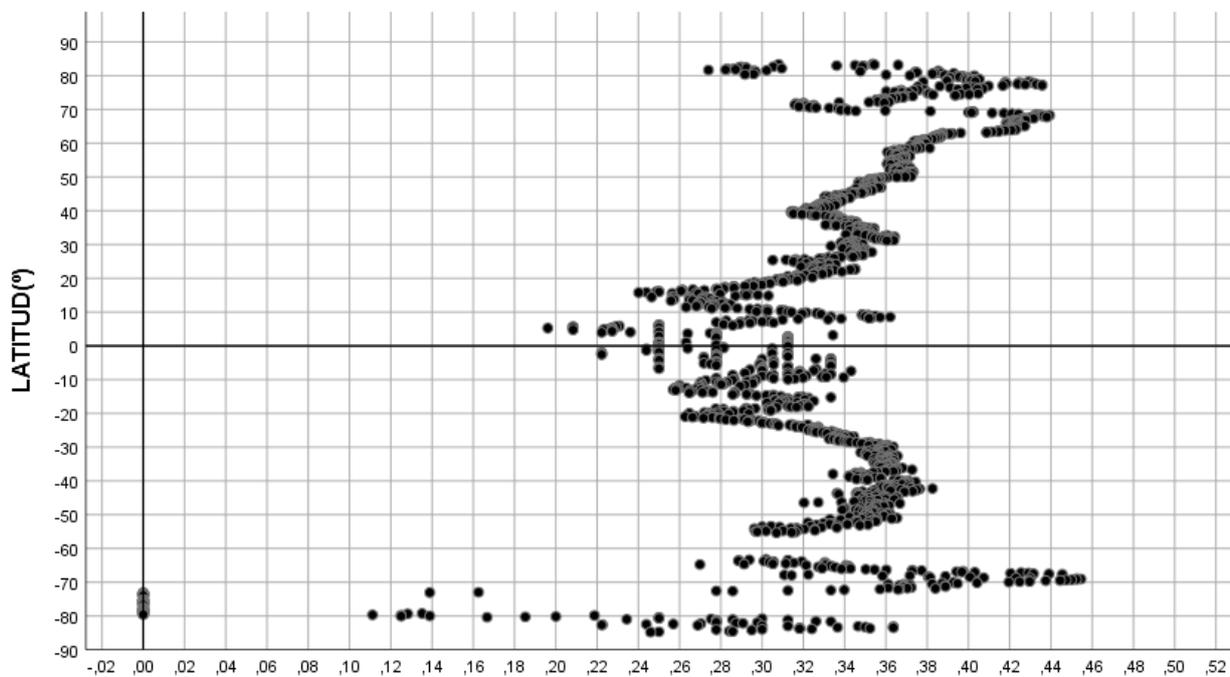


Fig. 27. Curtosis robusta de valores diurnos.

La segunda área a estudiar es la comprendida por las zonas templadas del planeta. Esto engloba la regiones cuyas latitudes van de 60 grados norte a 20 grados norte y 20 grados sur a 60 grados sur. Hemos unido estas regiones en una única área debido a que su comportamiento en la gráfica es muy similar. En ella, la mayoría de los valores se encuentran entre 0,38 y 0,28. Esto implica que en esta región la curva formada respecto a la mediana también sería platicúrtica, sin embargo, no sería tan aplanada como en la región anterior dado que su valor medio es 0,35; aproximándose más a una forma mesocúrtica (Alina Ștefania, 2017; Perron & Sura, 2013).

La siguiente área es la formada por la región que comprende latitudes entre 20 grados norte y 20 grados sur. En esta región los valores describen un intervalo que va desde 0,2 a 0,36; teniendo el valor medio en 0,27. Esto implica que en esta región la distribución de temperaturas es normal, aproximándose a una gaussiana.

A latitudes extremas, entre 60 y 90 grados sur, la distribución de puntos es muy heterogénea, no permitiendo un estudio correcto de esta región.

#### **4.4.2. Curtosis robusta de valores nocturnos**

Distinguimos ahora el estudio de la Fig. 28 en 5 áreas. La primera es la comprendida por latitudes entre 60 y 90 grados norte. En esta región los valores se encuentran en la gráfica entre 0,27 y 0,46. Sin embargo en este caso el valor medio es 0,29; suponiendo una distribución más mesocúrtica que en el horario diurno.

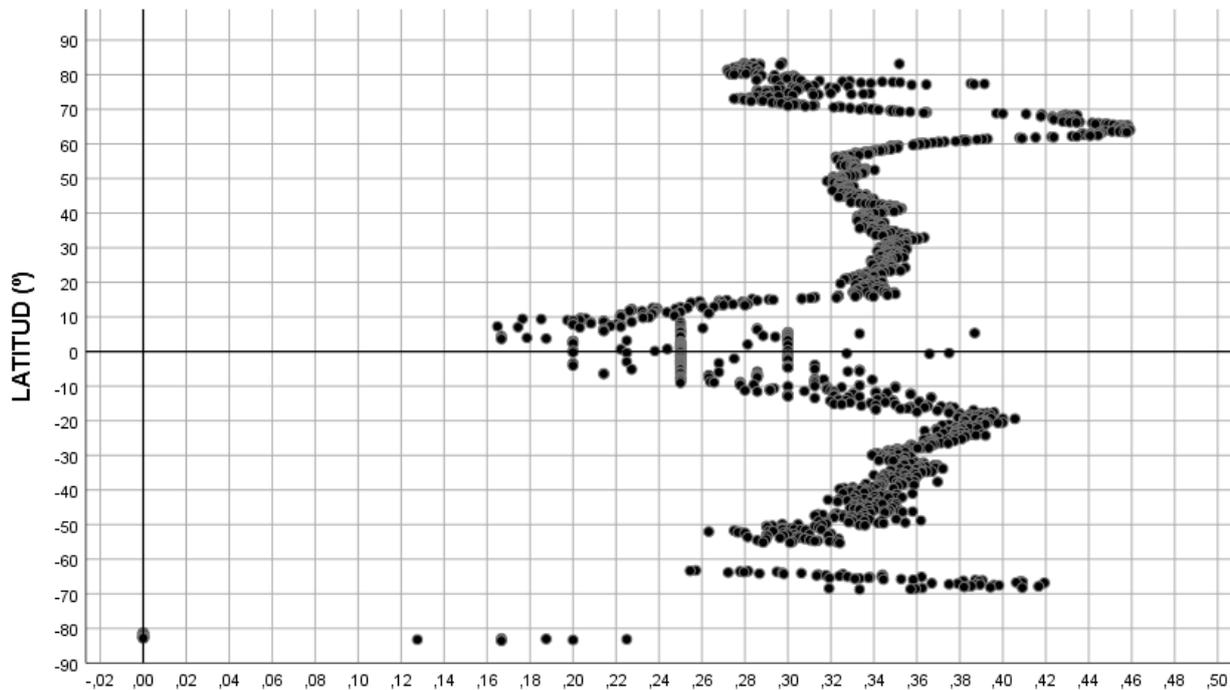


Fig. 28. Curtosis robusta de valores nocturnos.

La segunda área va desde 60 a 20 grados norte. En este tramo los valores no tienen un rango elevado dado que van desde 0,32 a 0,36. Su valor medio es 0,34 y por tanto la distribución se asemeja a una curva platicúrtica. Prácticamente igual que en el uso diurno.

Vamos ahora con la región comprendida entre 20 grados norte y 15 grados sur. En esta región los valores van desde 0,17 a 0,38. Vemos que el rango de valores es muy elevado, sin embargo, su valor medio se encuentra en 0,25 haciendo así que en esta región la distribución sea mesocúrtica.

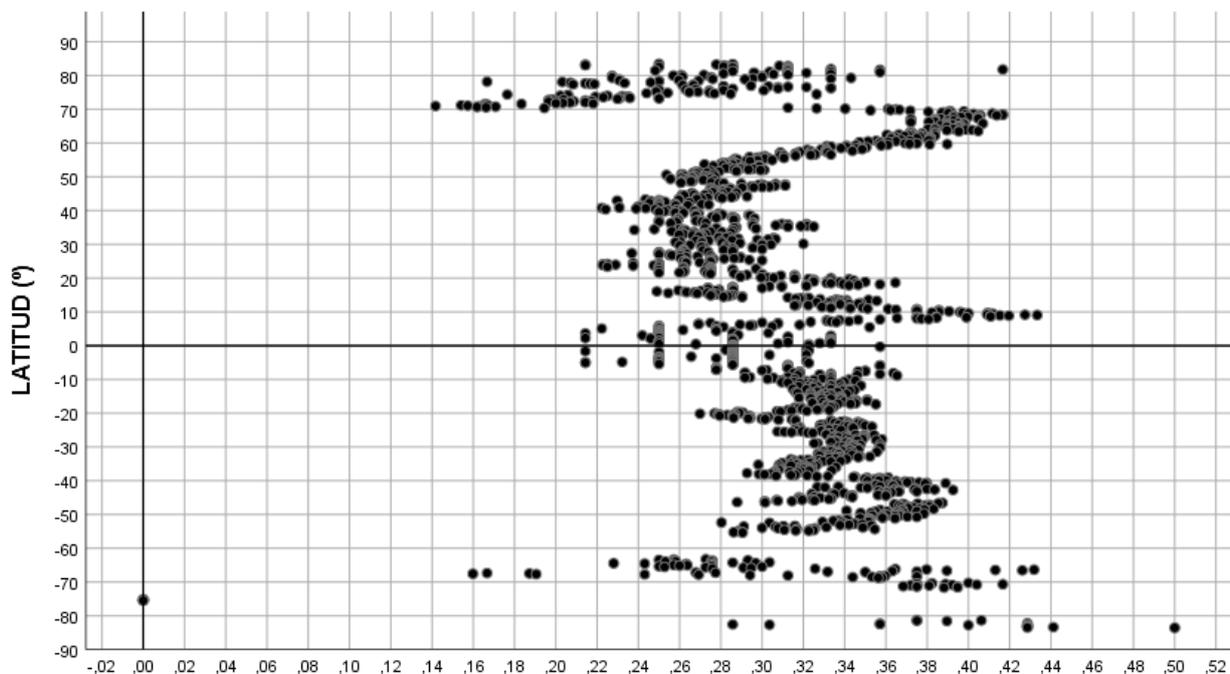
La cuarta área viene dada por latitudes comprendidas entre 15 y 60 grados sur. Aquí los valores van desde 0,26 hasta 0,40 con valor medio de 0,35. La curva es entonces como la del área dos, sin embargo en este caso separamos las regiones por la diferencia en el rango de valores que se tomaba en cada caso.

A latitudes extremas, entre 60 y 90 grados sur, la distribución de puntos es muy heterogénea, no permitiendo un estudio correcto de esta región.

### 4.4.3. Curtosis robusta de la diferencia entre los valores diurnos y nocturnos

Pasamos ahora a hacer como en los apartados anteriores. Restamos ambos tipos de datos y calculamos otra vez la variable de curtosis robusta para estos nuevos valores.

Vamos a analizar la Fig. 29 de igual forma que las anteriores. Desde los 70 hasta los 90 grados norte la heterogeneidad de los valores hace imposible el análisis.



**Fig. 29.** Curtosis robusta de la diferencia de valores nocturnos y diurnos.

Entre 70 y 60 grados norte vemos que los valores son muy elevados estando el valor medio en 0,39.

Desde los 60 hasta los 10 grados norte vemos que los valores se concentran entre 0,22 y 0,32 con valor medio en 0,26 formando así una distribución normal perfecta.

En alrededores del Ecuador entre 10 grados norte y 10 grados sur se da lo mismo que en las gráficas anteriores, un rango elevado de valores pero con valor medio propio de una curva mesocúrtica.

Desde los 10 hasta los 60 grados sur, los valores van desde 0,28 a 0,38 con valor medio en 0,33 formando una curva platicúrtica no muy aplanada.

A latitudes extremas, entre 60 y 90 grados sur, la distribución de puntos es muy heterogénea, no permitiendo un estudio correcto de esta región.

## 5. Conclusiones

Se han analizado las temperaturas de toda la superficie terrestre desde el año 2001 hasta el año 2019. Se descargaron dichos datos de la página oficial de la NASA y se organizaron de tal forma que se pudieran obtener 4 estadísticos robustos (mediana, RIC, índice Yule-Kendall y curtosis robusta) para analizar dichos datos. Separamos los casos en 3 diferentes: datos diurnos, nocturnos y la diferencia entre ambos.

Para el uso diurno vimos que al calcular la mediana se podía diferenciar tres partes según sus latitudes. Desde los 70 hasta los 20 grados norte la mediana aumentaba 1,14 grados Celsius por cada grado de latitud con valor máximo de la temperatura a los 20 grados. Una segunda parte que iba desde los 20 grados norte hasta los 20 grados sur. Y una tercera que iba desde 23.15 hasta los 55.15 grados sur dónde la mediana disminuía 0,99 grados Celsius por cada grado de latitud.

La mediana para el uso nocturno seguía el mismo patrón que para el uso diurno. Sus respectivas medianas cambiaban alrededor de 0,77 grados Celsius por grado de latitud desde los 66 hasta los 15 grados norte y 0,7 grados Celsius por grado de latitud desde los 21 hasta los 55 grados sur.

La mediana obtenida de la diferencia entre ambos tipos de valores nos dejaba ver que las mayores diferencias se daban en los trópicos y las menores diferencias se daban en los polos y en el Ecuador.

Pasamos entonces a estudiar el RIC de los tres grupos de datos. Para el diurno, el mayor RIC se daba a 70 grados norte e iba descendiendo a lo largo de la zona templada del hemisferio norte hasta alcanzar un mínimo en el Ecuador. A medida que vamos avanzando a lo largo del hemisferio sur, el RIC aumenta hasta llegar a un máximo a 40 grados sur.

Para los datos nocturnos vemos que el patrón de la gráfica es el mismo que para el uso diurno, pero con menor valor en el eje de temperatura. Su máximo en el hemisferio sur ahora estaría a 30 grados sur y el RIC en el Ecuador es un grado y medio menor que para los valores diurnos.

En el índice de Yule-Kendall para los datos diurnos, vemos que el hemisferio norte tiende a tener la mayoría de los datos entre -1 y 0, mientras que en el hemisferio sur están entre 0 y 1. Los datos más alejados del 0 se encuentran cerca de los trópicos.

Para el caso nocturno vemos que los datos entre 90 - 40 grados norte y 30 - 90 grados sur oscilan en torno al 0, mientras que los datos entre 40 grados norte y 30 grados sur se encuentran entre -1 y 0 siendo los puntos más alejados del 0 los situados en los trópicos.

Para la diferencia entre datos diurnos y nocturnos, vemos que entre 40 y 90 grados norte, los datos se sitúan entre -1 y 0; y entre 0 y 30 grados sur, los datos se sitúan entre 0 y 1. Para el resto se localizan en torno al 0.

Vemos ahora la curtosis robusta para los datos diurnos. Para este uso, la mayoría de datos se concentran entre 0.26 y 0.44 porque la distribución describe una forma platicúrtica por lo general.

Los valores nocturnos correspondientes a latitudes entre los trópicos se sitúan entre 0.16 y 0.32 haciendo que la distribución sea mesocúrtica. Para el resto de los datos la distribución volvía a ser platicúrtica.

En la curtosis robusta correspondiente a la diferencia entre los datos nocturnos y diurnos vemos que la distribución está entre una forma mesocúrtica y una platicúrtica

## 6. Referencias

- Aenor, 2020. [www.aenor.com](http://www.aenor.com) (Último acceso 15 noviembre 2020)
- Alina Ștefania, V. (2017). Analysis of the mean of daily maximum temperature within the Romanian plain (1961-2015). *Forum Geografic*, 16(1), 37–48. <https://doi.org/10.5775/fg.2017.040.i>
- Bhutiyani, M. R., Kale, V. S., & Pawar, N. J. (2007). Long-term trends in maximum, minimum and mean annual air temperatures across the Northwestern Himalaya during the twentieth century. *Climatic Change*, 85(1–2), 159–177. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9196-1>
- Braganza, K., Karoly, D. J., & Arblaster, J. M. (2004). Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century. *Geophysical Research Letters*, 31(13), 2–5. <https://doi.org/10.1029/2004GL019998>
- Cavanaugh, N. R., & Shen, S. S. P. (2014). Northern hemisphere climatology and trends of statistical moments documented from GHCN-daily surface air temperature station data from 1950 to 2010. *Journal of Climate*, 27(14), 5396–5410. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00470.1>
- Ceipa, 2020. [www.icontent.ceipa.edu.com](http://www.icontent.ceipa.edu.com) (Último acceso 2 de noviembre 2020)
- Cox, D. T. C., Maclean, I. M. D., Gardner, A. S., & Gaston, K. J. (2020). Global variation in diurnal asymmetry in temperature, cloud cover, specific humidity and precipitation and its association with leaf area index. *Global Change Biology*, April, 7099–7111. <https://doi.org/10.1111/gcb.15336>
- El Kenawy, A. M., Hereher, M. E., & Robaa, S. M. (2019). An assessment of the accuracy of MODIS land surface temperature over Egypt using ground-based measurements. *Remote Sensing*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/rs11202369>
- Elnesr, M. N., & Alazba, A. A. (2019). Seasonal trends of air temperature and diurnal range in the Arabian Peninsula, the Levant, and Iraq: a spatiotemporal study and development of an online data visualization tool. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1–2), 1271–1287. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2659-2>
- Feulner, G., Rahmstorf, S., Levermann, A., & Volkwardt, S. (2013). On the origin of the surface air temperature difference between the hemispheres in earth's present-day climate. *Journal of Climate*, 26(18), 7136–7150. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00636.1>
- Flato, G. M., & Boer, G. J. (2001). Warming asymmetry in climate change simulations. *Geophysical Research Letters*, 28(1), 195–198. <https://doi.org/10.1029/2000GL012121>
- Garfinkel, C. I., & Harnik, N. (2017). The non-gaussianity and spatial asymmetry of temperature extremes relative to the storm track: The role of horizontal advection. *Journal of Climate*, 30(2), 445–464. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0806.1>
- Hendon, H. H., Thompson, D. W. J., & Wheeler, M. C. (2007). Australian rainfall and surface temperature variations associated with the Southern Hemisphere annular mode. *Journal of Climate*, 20(11), 2452–2467. <https://doi.org/10.1175/JCLI4134.1>
- Kwok, R., & Comiso, J. C. (2002). Spatial patterns of variability in Antarctic surface temperature: Connections to the Southern Hemisphere Annular Mode and the Southern Oscillation. *Geophysical Research Letters*, 29(14), 2–5. <https://doi.org/10.1029/2002GL015415>
- Lin, J., & Qian, T. (2019). Variation of global

- diurnal temperature range associated with the Madden-Julian Oscillation. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 195(September), 105119.  
<https://doi.org/10.1016/j.jastp.2019.105119>
- Lindvall, J., & Svensson, G. (2014). The diurnal temperature range in the CMIP5 models. *Climate Dynamics*, 44(1–2), 405–421.  
<https://doi.org/10.1007/s00382-014-2144-2>
- Linz, M., Chen, G., & Hu, Z. (2018). Large-Scale Atmospheric Control on Non-Gaussian Tails of Midlatitude Temperature Distributions. *Geophysical Research Letters*, 45(17), 9141–9149.  
<https://doi.org/10.1029/2018GL079324>
- Liu, Z., Yang, M., Wan, G., & Wang, X. (2017). The spatial and temporal variation of temperature in the qinghai-xizang (Tibetan) plateau during 1971–2015. *Atmosphere*, 8(11).  
<https://doi.org/10.3390/atmos8110214>
- Lu, A., Wang, T., Kang, S., & Pang, D. (2009). On the relationship between latitude and altitude temperature effects. *Proceedings - 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology, ESIAT 2009*, 2, 55–58.  
<https://doi.org/10.1109/ESIAT.2009.335>
- Montgomery, K. (2006). Variation in Temperature With Altitude and Latitude. *Journal of Geography*, 105(3), 133–135.  
<https://doi.org/10.1080/00221340608978675>
- Neo.sci.gsfc.nasa, 2020.  
[www.neo.sci.gsfc.nasa.gov](http://www.neo.sci.gsfc.nasa.gov) (Último acceso 6 de diciembre 2020)
- Perron, M., & Sura, P. (2013). Climatology of non-gaussian atmospheric statistics. *Journal of Climate*, 26(3), 1063–1083.  
<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00504.1>
- Pyrgou, A., Santamouris, M., & Livada, I. (2019). Spatiotemporal analysis of diurnal temperature range: Effect of urbanization, cloud cover, solar radiation, and precipitation. *Climate*, 7(7), 1–13.  
<https://doi.org/10.3390/cli7070089>
- Qu, M., Wan, J., & Hao, X. (2014). Analysis of diurnal air temperature range change in the continental United States. *Weather and Climate Extremes*, 4, 86–95.  
<https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.05.002>
- Rai, A., Joshi, M. K., & Pandey, A. C. (2012). Variations in diurnal temperature range over India: Under global warming scenario. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 117(2), 1–12.  
<https://doi.org/10.1029/2011JD016697>
- Roudier, P., Andersson, J. C. M., Donnelly, C., Feyen, L., Greuell, W., & Ludwig, F. (2016). Projections of future floods and hydrological droughts in Europe under a +2°C global warming. *Climatic Change*, 135(2), 341–355.  
<https://doi.org/10.1007/s10584-015-1570-4>
- Servidor Alicante, 2020.  
[www.glosarios.servidor-alicante.com](http://www.glosarios.servidor-alicante.com) (Último acceso 2 de diciembre 2020)
- Servidor Alicante, 2020  
[www.glosarios.servidor-alicante.com](http://www.glosarios.servidor-alicante.com) (Último acceso 6 de noviembre 2020)
- Sokolov, A., Kicklighter, D., Schlosser, A., Wang, C., Monier, E., Brown-Steiner, B., Prinn, R., Forest, C., Gao, X., Libardoni, A., & Eastham, S. (2018). Description and Evaluation of the MIT Earth System Model (MESM). *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 10(8), 1759–1789.  
<https://doi.org/10.1029/2018MS001277>
- Sociales, 2020. [www.sociales.blogspot.com](http://www.sociales.blogspot.com) (Último acceso 20 de noviembre 2020)
- Sun, C., Li, J., & Ding, R. (2016). Strengthening relationship between ENSO and western Russian summer surface temperature. *Geophysical Research Letters*, 43(2), 843–851.  
<https://doi.org/10.1002/2015GL067503>
- Uva, 2020.  
[www5.uva.es](http://www5.uva.es) (Último acceso 2 de noviembre 2020)
- Wang, K., & Clow, G. D. (2020). The diurnal temperature range in CMIP6 models: Climatology, variability, and evolution.

*Journal of Climate*, 33(19), 8261–8279.  
<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0897.1>

Wikipedia, 2020. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)  
(Último acceso 10 de octubre 2020)

Williams, R., & Thorp, T. (2015).  
Characteristics of springtime nocturnal  
temperature inversions in a high latitude  
environment. *Weather*, 70, S37–S43.  
<https://doi.org/10.1002/wea.2554>

Wu, Y., Guo, J., Lin, H., Bai, J., & Wang, X.  
(2021). Spatiotemporal patterns of future  
temperature and precipitation over China  
projected by PRECIS under RCPs.  
*Atmospheric Research*, 249(May 2020).  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105303>

Zendalibros, 2020. [www.zendalibros.com](http://www.zendalibros.com)  
(Último acceso 5 de diciembre 2020)