

IMT2220 Semestre 2025-1

Tarea 3

Elwin van 't Wout

29 de mayo de 2025

Introducción

El clima cambia continuamente, con muchos cambios generado por procesos naturales. Sin embargo, hay también mucha evidencia científica que algunas variaciones climatológicas son influenciadas por causas antropogénicas, es decir, las actividades humanas. El ejemplo más conocido es el aumento en temperatura global debido a los gases de efecto invernadero. Una manera de distinguir entre distintos procesos de cambio es calcular la frecuencia de las oscilaciones en variables del clima.

Muchos de los cambios naturales en el clima se debe a movimientos astronómicos de la Tierra. Por ejemplo, la rotación de la Tierra alrededor de su eje genera cambios de temperatura por el día y noche. La órbita de la Tierra alrededor del Sol genera oscilaciones con un período de un año. Además, las diferencias en distancia al Sol debido a la órbita elíptica, en lugar de circular, generan variaciones en tiempos glaciares, llamados los ciclos de Milankovitch.

Una herramienta clave en analizar los cambios del clima y poder distinguir entre efectos naturales y antropogénicos es el análisis armónico. Es decir, el análisis de los períodos de los cambios o las frecuencias de oscilaciones en variables del clima, como por ejemplo la temperatura. Así, cambios con períodos de un día o un año pueden ser atribuidos por gran parte al movimiento astronómico de la Tierra pero cambios con por ejemplo un periodo de cincuenta años tienen pocas causas naturales sino pueden tener orígenes antropogénicos. Uno de los algoritmos más comunes para descomponer un

señal en sus componentes de frecuencia es la transformada de Fourier. En la práctica, se utiliza el algoritmo RFFT (Real Fast Fourier Transform).

Esta tarea contempla analizar las oscilaciones de temperatura en término de sus componentes armónicos. Para este, tomamos las mediciones de temperatura de la estación de MeteoChile en Quinta Normal¹. Los datos de la temperatura medida cada hora por los últimos años se encuentren disponible gratuitamente en la plataforma de MeteoChile².

Tarea

Esta tarea contempla el cálculo de la descomposición armónica de la temperatura en Santiago.

1. Baje todos los datos de la temperatura horaria en la estación de Quinta Normal, desde el junio 2015 hasta el mayo 2025. Pueda ser desde MeteoChile o el archivo disponible en Canvas.
2. La base de datos tiene varios datos NaN.
 - a) ¿Cuántos valores NaN hay?
 - b) Limpie la base de datos para evitar los valores NaN. Explique cómo lo hicieron y por qué tu algoritmo no afecta al resultado final de RFFT.
3. Visualize la temperatura en la base de datos en tres figuras:
 - a) la serie de tiempo completo,
 - b) el primer mes, y
 - c) el último mes.
4. Aplique el algoritmo RFFT a toda la serie de tiempo de la temperatura. Ver Canvas para un ejemplo del algoritmo RFFT.
 - a) ¿Cómo eligieron el *sampling rate*?

¹<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/informacion/fichaDeEstacion/330020>

²<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/informacion/inventarioComponentesPorEstacion/330020/26/58>

- b) Visualize los resultados de RFFT: dibuje la amplitud para cada frecuencia.
- 5. Una frecuencia tiene unidad física de 1/tiempo con el tiempo en alguna unidad como segundo, hora, día, año, etc.
 - a) Para cada frecuencia que entrega el RFFT, calcule la frecuencia en la unidad de 1/día.
 - b) Visualize los resultados de RFFT, con la amplitud de RFFT en el eje vertical y la frecuencia en 1/días en el eje horizontal.
 - c) Explique por qué la frecuencia más alta es 12.
 - d) Explique la significancia climatológica del *peak* en 1.
- 6. Puede ser más informativo visualizar los datos con el período en el eje horizontal.
 - a) Para cada frecuencia que entrega el RFFT, calcule el período en la unidad de día.
 - b) Expliquen qué significa el último punto, del período más largo.
 - c) Se puede ver un *peak* alto entre 300 y 400. Explique su significancia climatológica.
- 7. Encuentre los *peaks* en los resultados de RFFT con una amplitud de al menos un grado Celsius e imprimen la amplitud, frecuencia y período para cada *peak*. Ver Canvas para un ejemplo de calcular los *peaks*. Discute el resultado.
- 8. Aunque eliminamos los NaNs de la base de datos, no revisamos si existen datos faltantes.
 - a) ¿Cuántos días no tiene ninguna información?
 - b) ¿Cuántas horas no tiene un valor de temperatura?
 - c) Crea una nueva base de datos con un registro para cada hora en todo el período de 10 años. Explique qué hicieron para llenar los datos faltantes.
- 9. En base a los resultados entregado por el RFFT, responde las preguntas siguientes. Ojo que deben recuperar los valores de los resultados del RFFT, sin hacer un análisis adicional de la base de datos.

- a) ¿Cuál es la temperatura promedio en Santiago en los últimos diez años?
- b) ¿Cuál es, en promedio, la diferencia de temperatura (en $^{\circ}C$) entre el día más frío en invierno y el día más caloroso en verano?
- c) ¿Cuál es, en promedio, la diferencia de temperatura (en $^{\circ}C$) entre la hora más fría en la mañana y la hora más calorosa en la tarde?

Evaluación

Entregue todo el código y las respuestas a las preguntas en un Jupyter notebook a través de Canvas.

Los reglamentos del curso se puede encontrar en Canvas. Se destaca que las tareas deben ser hechas de forma individual. No se puede compartir código entre compañeros, tampoco usar código de fuentes externos salvo el código proporcionado en Canvas. Se puede usar herramientas de inteligencia artificial (p.ej., ChatGPT y GitHub CoPilot) para la programación, pero las respuestas a las preguntas en las celdas de *markdown* deben ser escritos por ustedes mismos.