

Aumento de resolución de datos a través de métodos de Machine Learning

Matías Palma Manterola

Universidad de La Frontera

11 de octubre de 2022



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Tabla de Contenidos

1 Introducción

2 Fundamentos Teóricos

3 Metodología

4 Resultados

5 Conclusiones



Contexto y descripción del problema

- Almacén de aguas subterráneas.
 - Calidad.
 - Cantidad.
 - Ampliamente distribuidas.
- Sobreexplotación.
 - Disminución del nivel.
- Monitoreo de cuencas.
- Satélite GRACE.
 - Estimación del agua total presente.



Satélite GRACE

- *Gravity Recovery And Climate Experiment.*
- Satélites que orbitan sobre la Tierra.
 - 200 Km de distancia entre ellos.
- Captar movimientos de las aguas.
 - Contrarrestar:
 - Sequías.
 - Inundaciones.
 - Socavones.
- Mediciones a baja resolución.

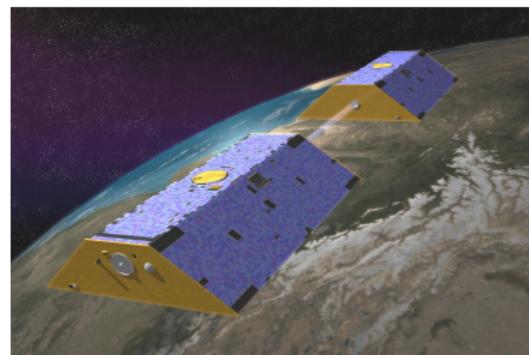


Figura 1: Misión GRACE lanzada el año 2002.

Anomalías TWS

- *Terrestrial Water Storage*
- Agua almacenada sobre y debajo de la superficie.
 - Agua de dósel.
 - Ríos y lagos.
 - Humedad de suelo.
 - Aguas subterráneas.

Anomalía TWS

$$TWS_t = \frac{TWS_t - \mu}{\delta}, \quad \mu, \delta \in \mathbb{R}$$



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Downscaling

- Inferir información de alta resolución.
 - Datos satelitales.
 - Imágenes.
- Enfoques dinámicos o estadísticos.
 - Meteorología.
 - Climatología
 - Teledetección

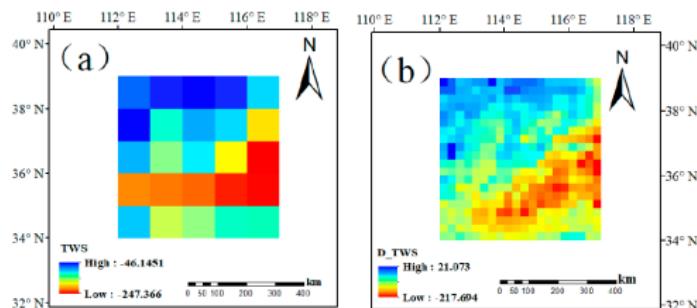


Figura 2: Reducción de escala.

Objetivo general y específicos

Objetivo general

- Implementar un aumento de resolución a datos satelitales proporcionados por GRACE a través de un modelo predictivo para obtener productos grillados en Chile a alta resolución.

Objetivos específicos

- Definir la metodología.
- Recolectar datos necesarios.
- Preprocesar los datos.
- Implementar y entrenar el modelo predictivo.
- Validar predicciones en base a observaciones *in situ*.

Tabla de Contenidos

1 Introducción

2 Fundamentos Teóricos

3 Metodología

4 Resultados

5 Conclusiones

Productos grillados

Píxel

- Unidad básica de una imagen.
- Cada píxel contiene canales de información
 - RGB.
 - Números reales (\mathbb{R}).
 - Etiquetas de clase.

Ráster

- Conjunto de píxeles ordenados.
 - Filas.
 - Columnas.
- El valor del pixel se asocia al centroide del mismo.



Árboles de decisión

- Algoritmo de aprendizaje automático del tipo supervisado.
- Segmentación recursiva del espacio de predicción en regiones regulares.
 - Media.
 - Moda.
- Minimiza la suma de cuadrados de cada región (regresión).



Random Forest

- Conjunto de árboles de decisión.
 - *Bootstrap sample.*
- Contrarresta la inestabilidad de los árboles.



Índice de Correlación de Pearson

- Busca cuantificar la similitud lineal en las tasas de crecimiento.

Índice de Correlación

Sean S_1 y S_2 dos series temporales con observaciones u_1, \dots, u_p y v_1, \dots, v_p , respectivamente, entonces

$$R^2(S_1, S_2) = \frac{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^p (u_i - \bar{u}_j)(v_i - \bar{v}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (u_i - \bar{u})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^p (v_i - \bar{v})^2}} \in [-1, 1]$$



Tabla de Contenidos

1 Introducción

2 Fundamentos Teóricos

3 Metodología

4 Resultados

5 Conclusiones



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Metodología adoptada

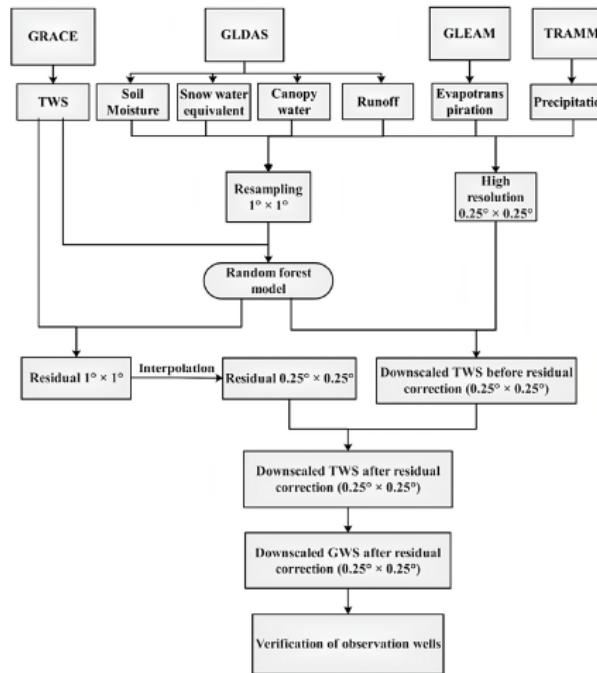


Figura 3: Metodología utilizada en (Chen et al., 2019), pág. 7

Dominio espacio-temporal

- Territorio continental chileno.
 - Longitud desde 66.5°E hasta 77.5°E .
 - Latitud 16.5°S hasta 56.75°S
- Aumento de resolución de productos grillados desde abril del año 2002 hasta febrero del año 2017.

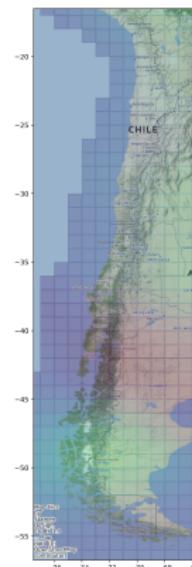


Figura 4: Datos de grace para abril del año 2002 en el territorio continental chileno.



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

GRACE TWS

- Anomalías TWS.
- Datos globales mensuales.
- Resolución a 1° (~ 110 Km).
- lwe_thickness: grosor de agua líquida equivalente.

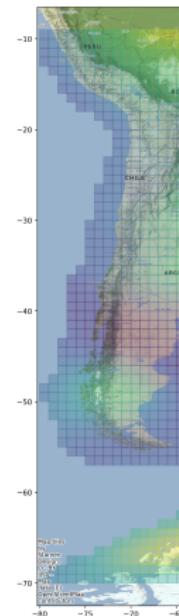


Figura 5: Datos obtenidos desde la base de datos [OPeNDAP](#).

ERA5-Land

- Representa la evolución de variables terrestres.
 - Humedad de suelo.
 - Nieve equivalente en agua.
 - Evapotranspiración.
 - Agua de dosel.
 - Escorrentía.
- Combina datos de modelos con observaciones.
- Datos globales mensuales
- Resolución de 0.1° (~ 9 Km)

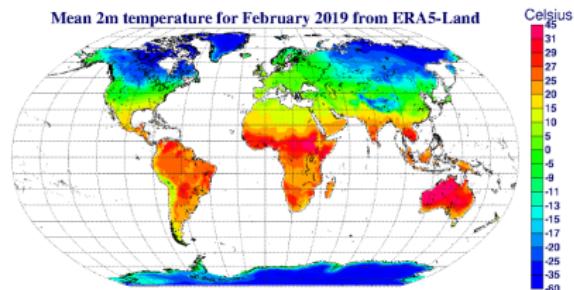


Figura 6: Temperatura promedio mensual obtenida de la base de datos [Copernicus](#).

(CR)²-met

- Información meteorológica
 - Precipitación.
 - Temperatura.
- Datos muestrados diariamente para el territorio continental.
- Modelos estadísticos para traducir diversos componentes.
- Resolución de 0.05° (~ 5 Km)

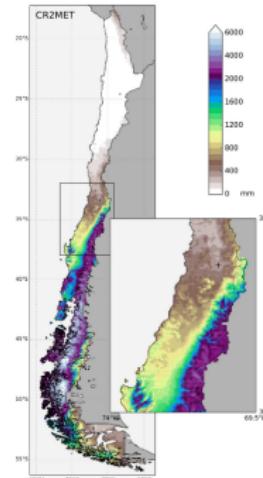


Figura 7: Precipitación acumulada anual promedio provenientes de la base de datos [\(CR\)²-met](#).



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Dirección General de Aguas

- Observaciones de pozos de bombeo.
- Mediciones diarias para la zona centro y norte del país.
- Mide profundidad (m) del pozo.
 - Mayor profundidad implica menor cantidad de agua disponible.

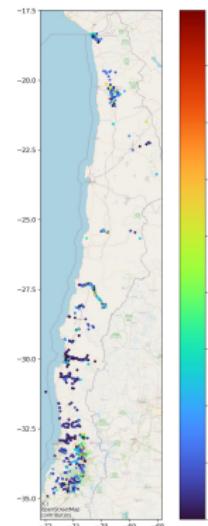


Figura 8: Observaciones de pozos provenientes de la DGA proporcionados por (CR)².

Conjunto de entrenamiento y de prueba

- Alta variabilidad climatológica en el territorio.
- Estratificación de datos.
 - Disminución de sesgo.
 - Predicciones coherentes respecto a la naturaleza de las variables.



Figura 9: Macrozonas de Chile.



Tabla de Contenidos

1 Introducción

2 Fundamentos Teóricos

3 Metodología

4 Resultados

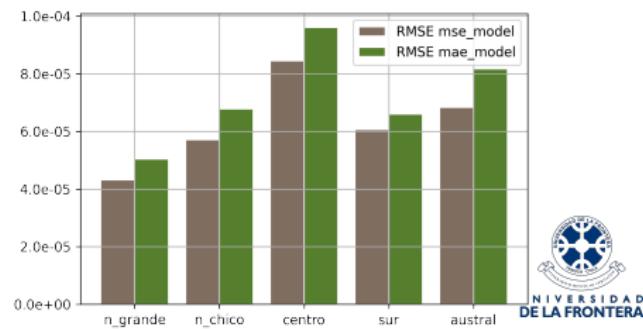
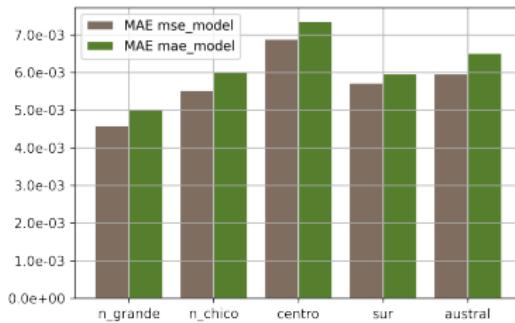
5 Conclusiones



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Métricas de validación

Modelo/Métrica de eval.	Error medio absoluto (MAE)	Raíz del error cuadrático medio (RMSE)
Mín. error cuadrático medio	$5,69 \times 10^{-3}$	$6,23 \times 10^{-5}$
Mín. error medio absoluto	$6,15 \times 10^{-3}$	$7,25 \times 10^{-5}$



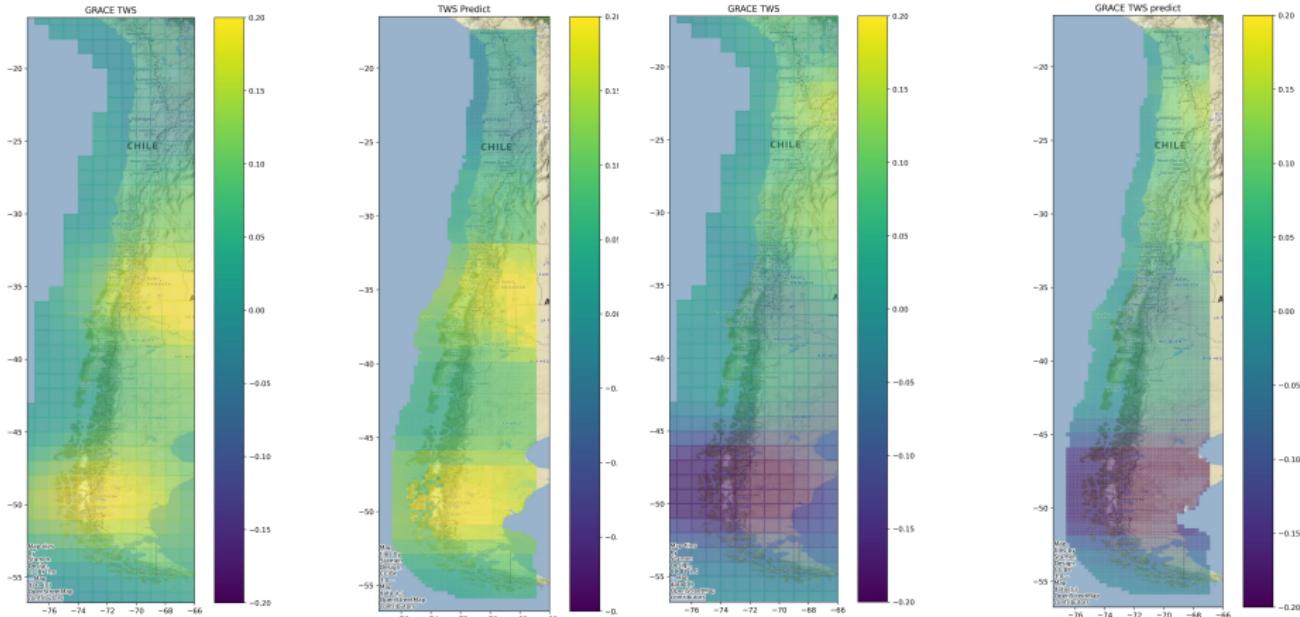


Figura 12: Productos grillados a alta y baja resolución para el mes de septiembre del año 2002.

Figura 13: Productos grillados a alta y baja resolución para el mes de abril del año 2017.



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Zona de validación

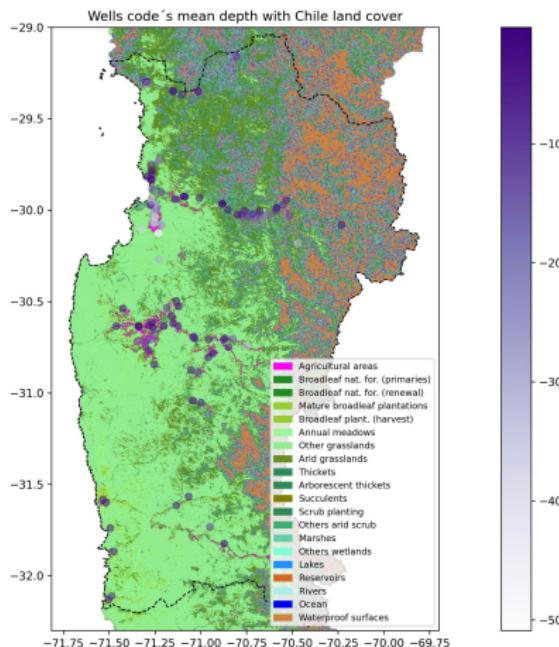


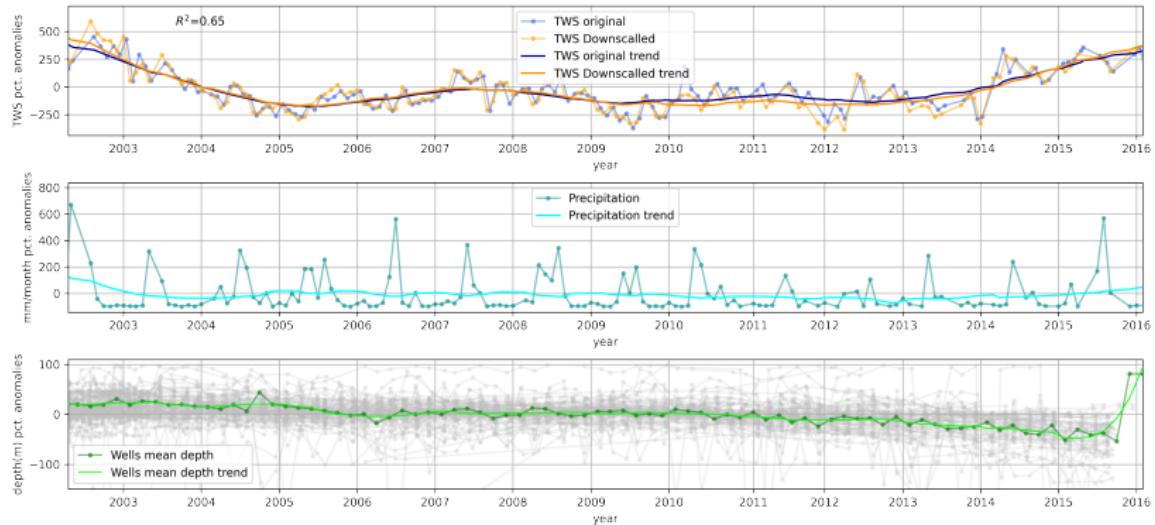
Figura 14: Región de Coquimbo con observaciones de pozos y zonas agrícolas.



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Series de tiempo

Data anomalies for Coquimbo region



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

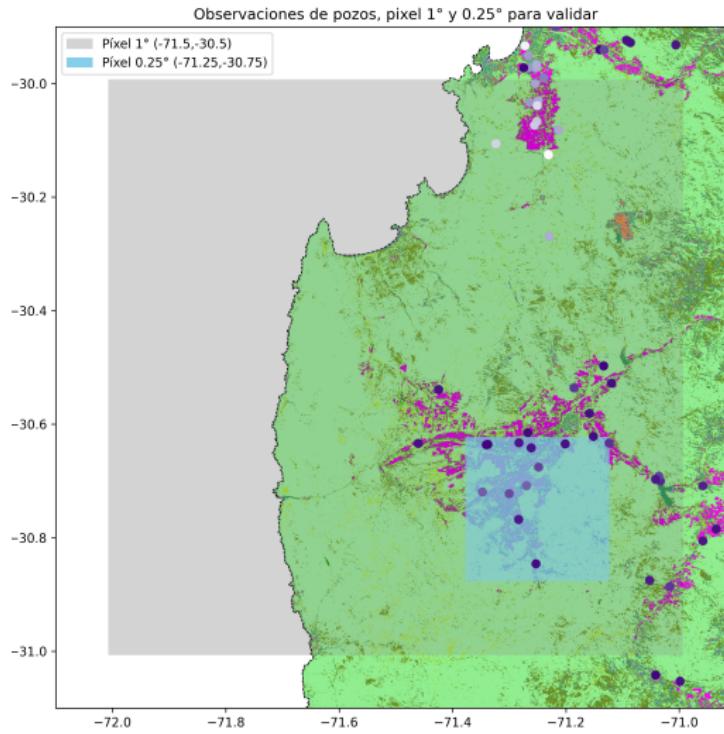
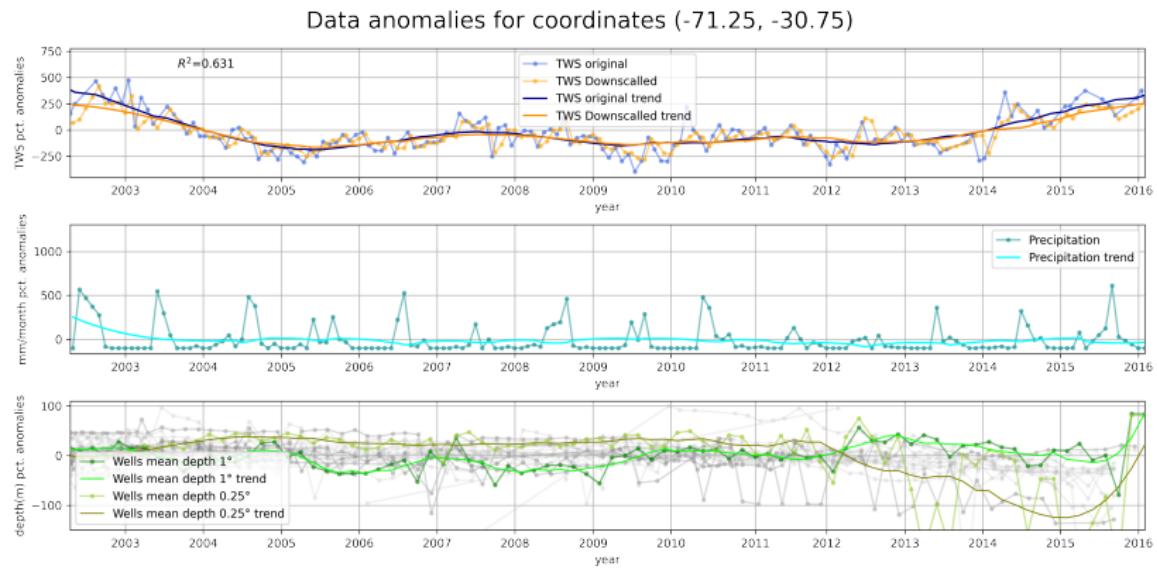


Figura 15: Píxel a alta y baja resolución para validar en zonas agrícolas con observaciones de Pozos.

Series de tiempo



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Interpolación bilineal y Bosque aleatorio

- Diferencias absolutas entre promedio de píxeles.
 - Selección de píxeles con una diferencia mayor al 50 %.
 - 6.7 % del total de píxeles.
- Aislamiento de la zona en cuestión.



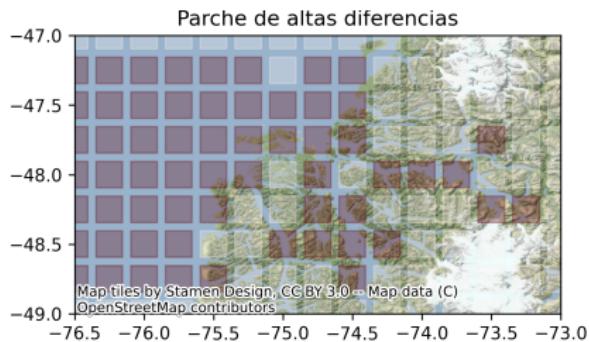


Figura 16: Parche a alta resolución donde la interpolación bilineal y la regresión usando *Random Forest* difieren en sobrermanera.

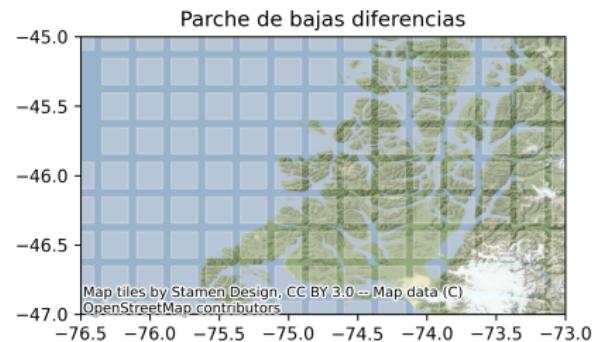


Figura 17: Parche a alta resolución donde la interpolación bilineal y la regresión usando *Random Forest* no difieren en demasía.

Estudio de variabilidad

Parche	σ^2 CDO	σ^2 Random Forest
Altas diferencias	$1,1664 \times 10^{-6}$	$3,03805 \times 10^{-6}$
Bajas diferencias	$9,665881 \times 10^{-6}$	$9,351364 \times 10^{-6}$



Estudio de variabilidad

Variable	Altas diferencias	Bajas diferencias
Soil moisture	0.0973583	0.1291611
Evapotranspiration	7.9032×10^{-7}	8.68624×10^{-7}
Runoff	1.11489×10^{-5}	1.5682×10^{-5}
Precipitation	6.109682	5.185894
Canopy water	9.409×10^{-9}	8.836×10^{-9}
Snow water equivalent	15.23432	9.04167
σ^2 promedio	3.57356	2.39279



Tabla de Contenidos

1 Introducción

2 Fundamentos Teóricos

3 Metodología

4 Resultados

5 Conclusiones



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Conclusiones

- La metodología adoptada logra entregar predecir de forma válida los resultados.
- Las variables explicativas son datos homogéneos y fiables de centros especializados.
- La validación de resultados mostró una alta variabilidad en zonas donde las variables explicativas también la presentaban.
- Con los productos grillados obtenidos es posible estudiar con más detalle y de manera más granular el comportamiento de las aguas subterráneas en Chile.

