



"Modelos y Herramientas ADME" 27/10/2022

Monitoreo de Precipitación en la Cuenca del Río Negro Asistido por Satélite

Presenta: Ing. Pablo Alfaro

Agenda

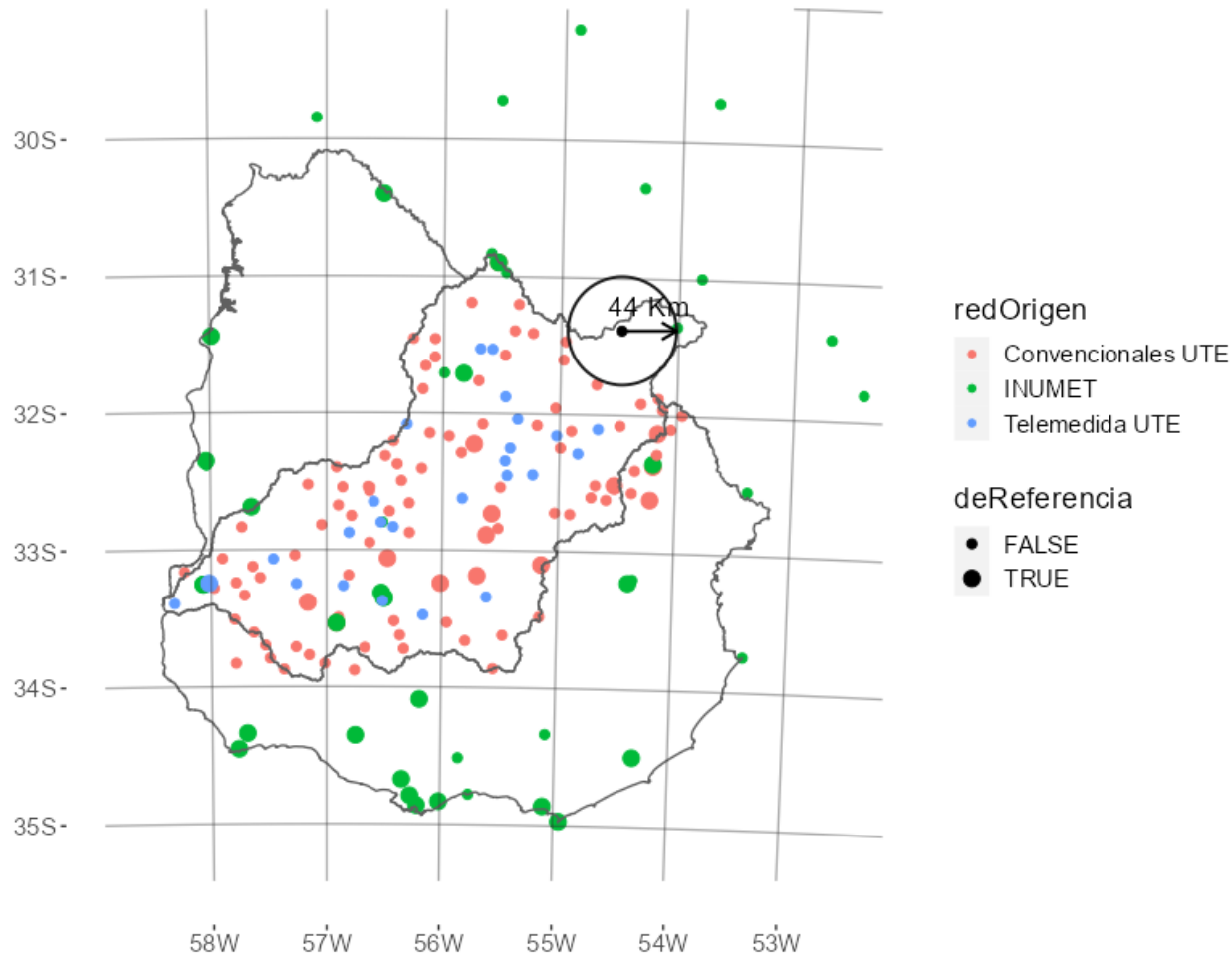
- **Objetivos**
- **Bases de datos**
- **Controles de Calidad**
- **Modelado Geoestadístico**
 - **Kriging Ordinario**
 - **Regression Kriging**
- **Resultados**
- **Conclusiones**

Objetivos

- Incorporar información grillada satelital a los datos puntuales tradicionales de pluviómetros
 - Mejor cobertura espacial que las estaciones
 - Calibración del satélite de acuerdo a las estaciones
- Detección y descarte de outliers
- Mejorar la calidad de las herramientas de monitoreo de precipitación disponibles sobre la cuenca del Río Negro
- Incorporación de los campos grillados al modelo hidrológico de aportes a embalses mantenido y ejecutado por ADME

Base de Datos Puntual

Redes Pluviométricas Disponibles



- **Etapa 1:**
 - 26 Telepluviómetros provistos por UTE
- **Etapa 2 Incorpora:**
 - 112 Pluviómetros Convencionales provistos por UTE
 - 60 Telepluviómetros, Pluviómetros Convencionales y Estaciones Meteorológicas disponibles en la web de INUMET
 - Selección de 40 estaciones de mayor calidad consideradas de Referencia

Estaciones de Referencia

Estadístico	Mínimo Válido	Máximo Válido	# Estaciones Descartadas
% datos faltantes entre primer y última fecha con datos	-	30	25
% datos positivos entre primer y última fecha con datos	15	35	66
% ceros entre la primer y última fecha con datos	65	82	107
% faltantes en todo el período	-	20	37
% positivos en todo el período	15	31	54
% ceros en todo el período	60	82	92
Promedio	1.7	4.6	12
Desviación estándar	6	15.5	3
Acumulado	3300	8000	47
Máximo largo de racha lluviosa	-	15	4
Máximo largo de racha seca	-	45	24

#Estaciones no descartadas por ninguna regla: 40

Base de Datos Grillada

- 2 Productos de Estimación de Precipitación
 - GPM IMERG V5 => V6
 - Integrated Multi-satellitE Retrievals for Global Precipitation Mission [Huffman ,1]
 - GSMaP V7
 - Global Satellite Mapping of Precipitation. JAXA Global Rainfall Watch [Kubota , 2]

- Disponibles desde el 2017-02-01
- Buena correlación y excelente cobertura

Producto	Corr	R ²	Cobertura media (%)
IMERG_V06	0,79	0,65	99,82
GSMaP_V7	0,72	0,52	94.42

Controles de Calidad

- Test Espacial de Precipitación [Scherrer, 6]

Sequedad Aislada:

$$P_{obs} \leq 0,3 \text{ mm}$$

$$P_{min} \geq 1 \text{ mm}$$

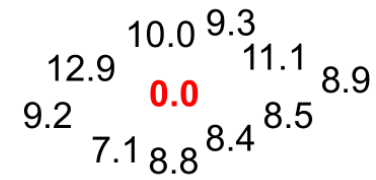
$$P_{est} \geq 1 \text{ mm}$$



Precipitación Aislada:

$$P_{obs} \geq 8 \text{ mm}$$

$$P_{max} \leq 0,3 \text{ mm}$$

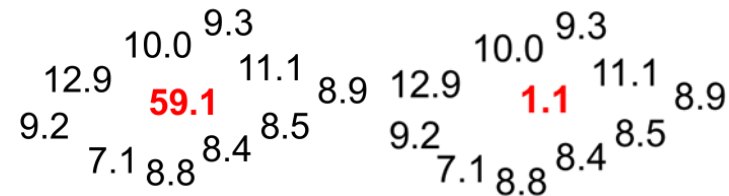


Desviaciones elevadas:

$$P_{max} - P_{min} > 1 \text{ mm}$$

$$(P_{obs} - P_{est}) / (P_{max} - P_{min}) < 1$$

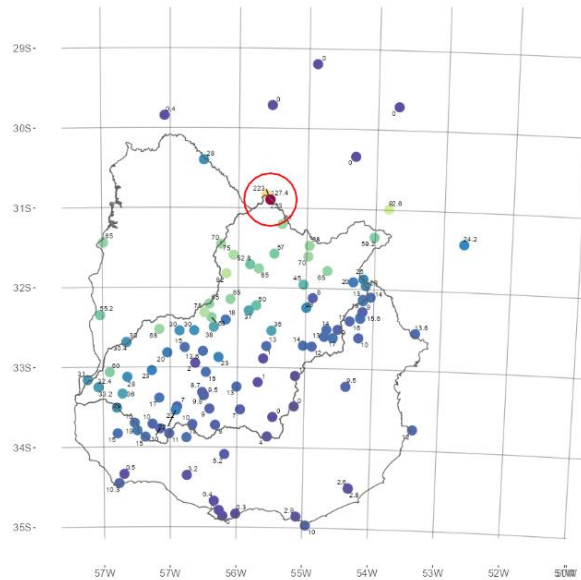
$$(P_{obs} - P_{est}) / (P_{max} - P_{min}) > 3$$



Controles de Calidad

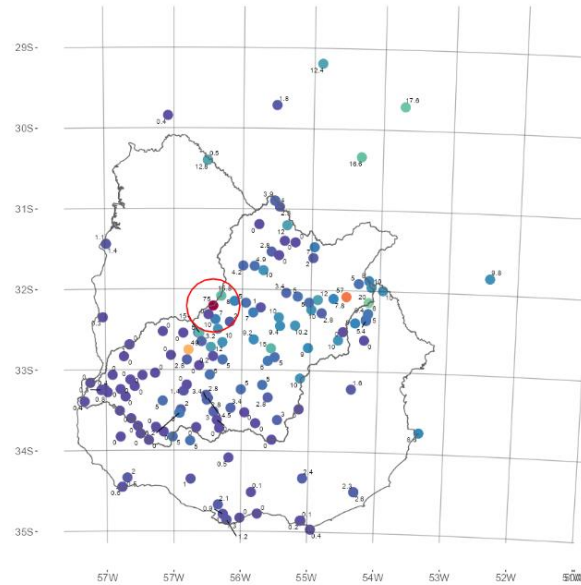
Regresión Lineal Robusta contra estimaciones satelitales

2018-05-03
 Rivera: Valor = 223. Estimado = 84.3. StdDif = 5.7. Outlier Por Lo Alto
 EMRIVERA: Valor = 223. Estimado = 84.3. StdDif = 5.7. Outlier Por Lo Alto



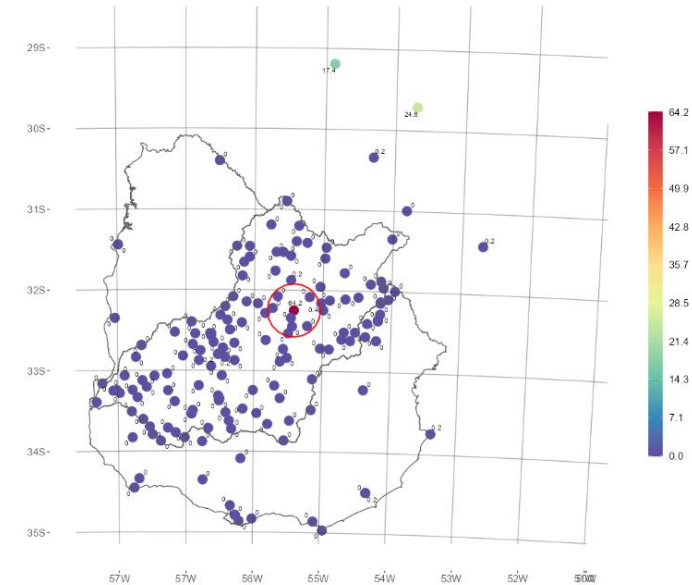
Z-scores de la precipitación observada

2021-06-25
 SARBOL: Valor = 75. Estimado = 5. StdDif = 7.6. Outlier Por Lo Alto



Desviación respecto a la media global

2017-02-20
 PASO.LAGUNA.I.RHT: Valor = 64.2. Estimado = 0.3. StdDif = 228.7. Outlier Por Lo Alto

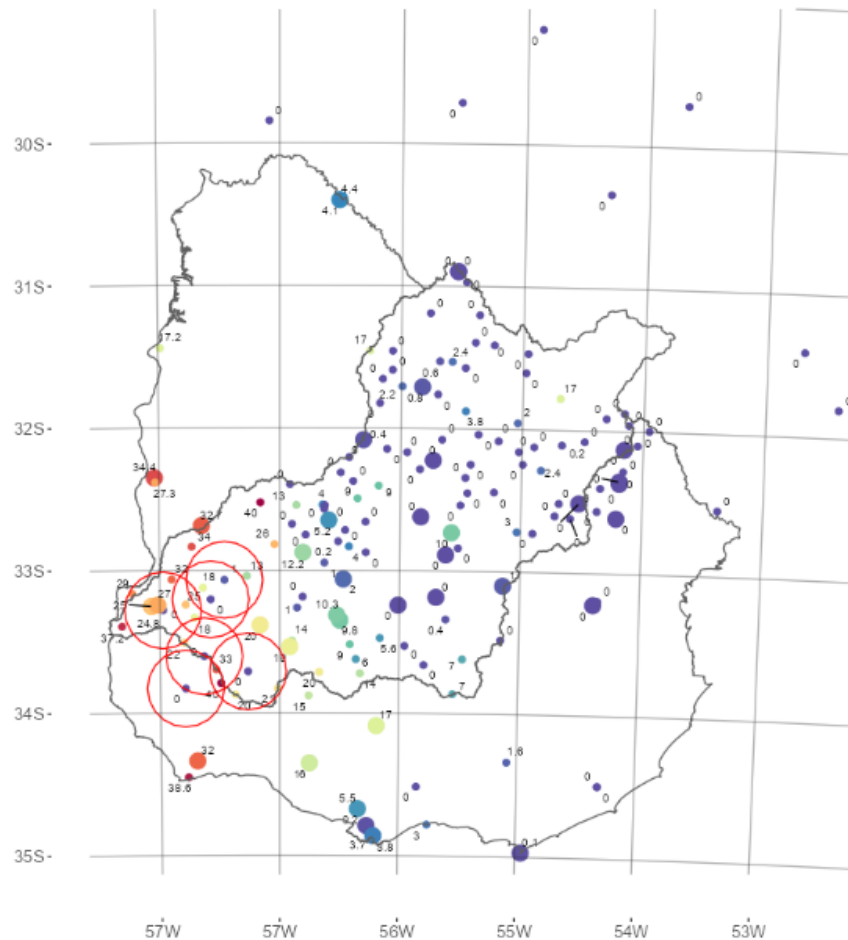


Regression Kriging contra Estaciones de Referencia y Satélite



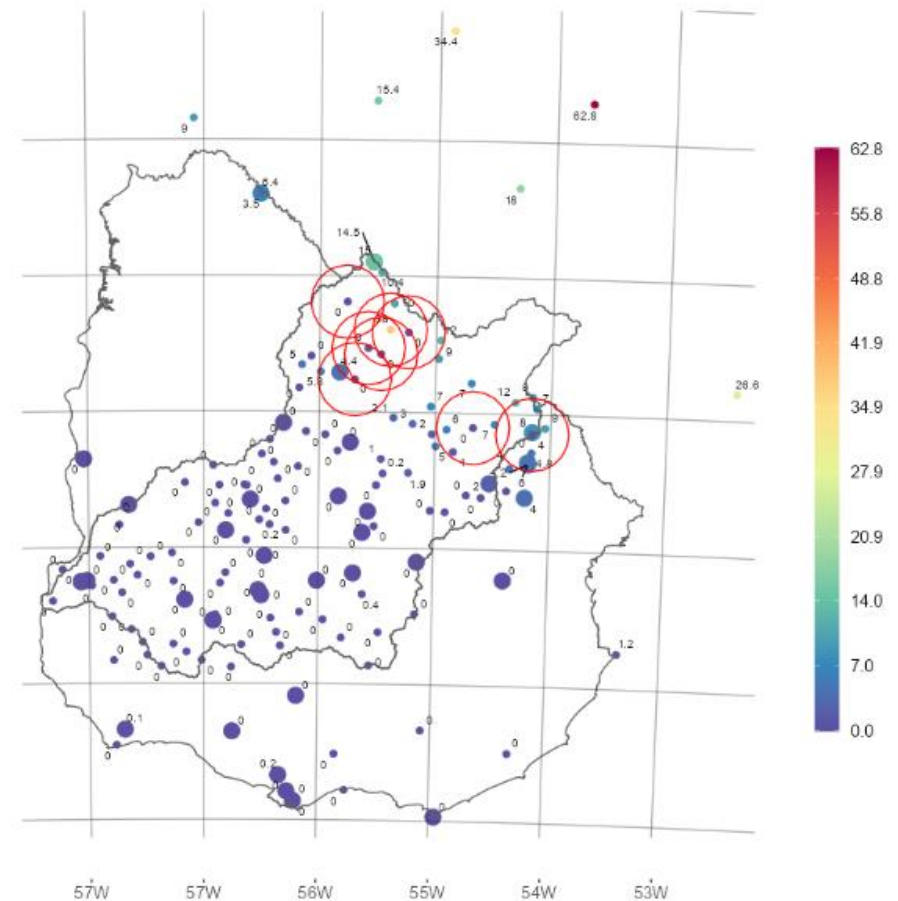
2021-11-14

PRESA.CONSTITUCION.RHT: Valor = 1. Estimado = 27.4. StdDif = -3. Outlier Por Lo Bajo
 LLAGUNA: Valor = 0. Estimado = 26.1. StdDif = -3. Outlier Por Lo Bajo
 EJIDO: Valor = 0. Estimado = 29.5. StdDif = -3.4. Outlier Por Lo Bajo
 EGANA: Valor = 0. Estimado = 29.2. StdDif = -3.4. Outlier Por Lo Bajo
 CPERDIDO: Valor = 0. Estimado = 25.6. StdDif = -2.9. Outlier Por Lo Bajo
 CORRAL: Valor = 0. Estimado = 30.6. StdDif = -3.6. Outlier Por Lo Bajo



2021-08-26

TRANQUE: Valor = 0. Estimado = 10.9. StdDif = -2.8. Outlier Por Lo Bajo
 LCALERA: Valor = 38. Estimado = 11.5. StdDif = 7.5. Outlier Por Lo Alto
 TPUNTES: Valor = 0. Estimado = 13. StdDif = -3.3. Outlier Por Lo Bajo
 CUÑAPIRU.RHT: Valor = 0. Estimado = 6.3. StdDif = -1.5. Outlier Por Lo Bajo
 MCCRAL: Valor = 0. Estimado = 9.7. StdDif = -2.4. Outlier Por Lo Bajo
 COMBU: Valor = 0. Estimado = 6.6. StdDif = -1.6. Outlier Por Lo Bajo
 ISO.MAZANGANO.RHT: Valor = 0. Estimado = 6.5. StdDif = -1.5. Outlier Por Lo Bajo
 CENTUR: Valor = 0. Estimado = 7.9. StdDif = -1.9. Outlier Por Lo Bajo

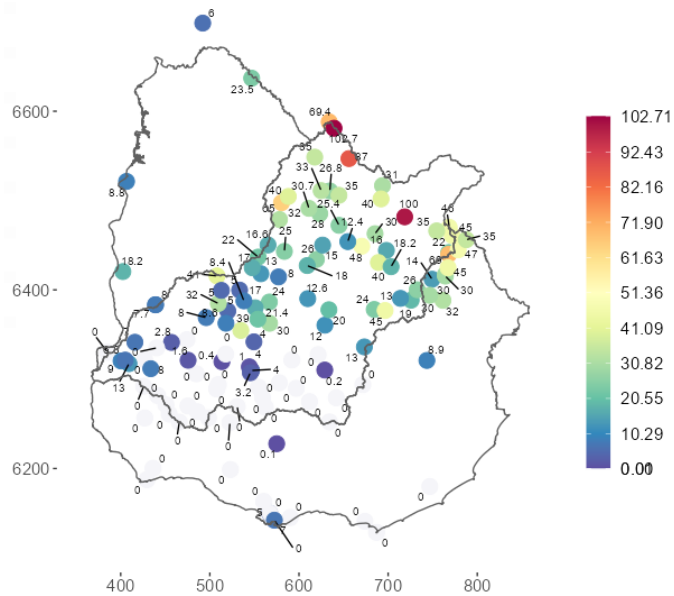


Modelado Geoestadístico

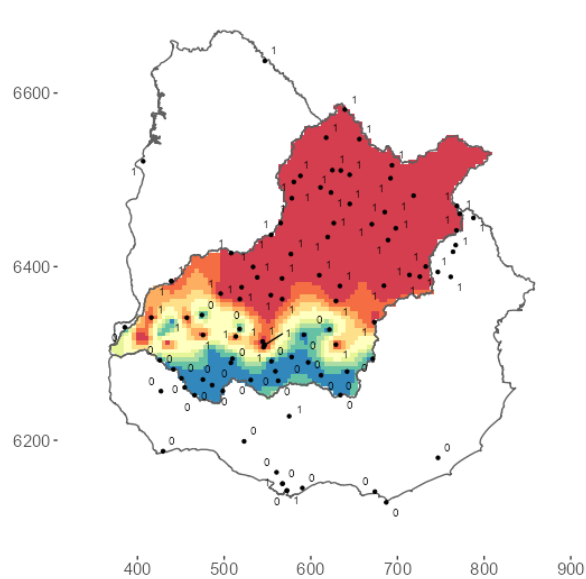
- **Modelo universal de variación [Hengl, 3]**
 - $Z(s) = Z^*(s) + \varepsilon'(s) + \varepsilon''$
 - $Z(s)$: variable objetivo en la ubicación s
 - $Z^*(s)$: componente determinista
 - $\varepsilon'(s)$: componente aleatoria espacialmente correlacionada
 - ε'' : ruido blanco
- **Kriging Ordinario**
 - $\hat{Z}(s_0) = m + \varepsilon'(s_0)$
 - m : media constante (localidad) y desconocida
- **Regression Kriging**
 - $\hat{Z}(s_0) = f(s_0) + \varepsilon'(s_0)$
 - f : función de tendencia conocida para todo el dominio
- **Máscara de ceros**
 - Interpolación del campo binario: ¿ocurrió precipitación?

Kriging Ordinario

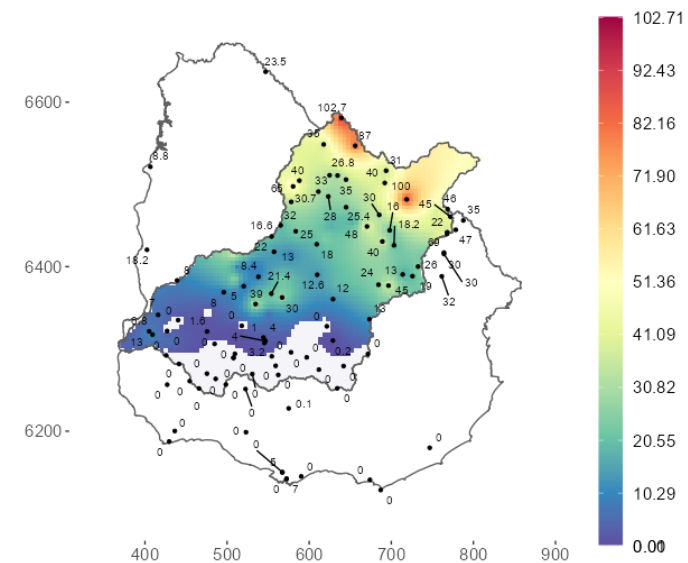
Observaciones - 2019-10-30 00:00



Máscara de Ceros. Interpolación Binaria - 2019-10-30 00:00

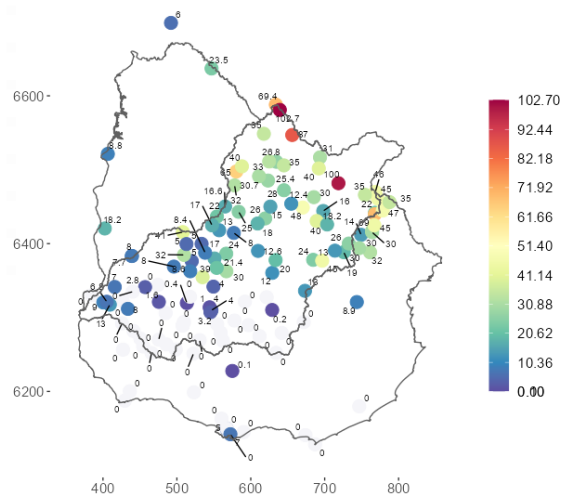


K - 2019-10-30 00:00

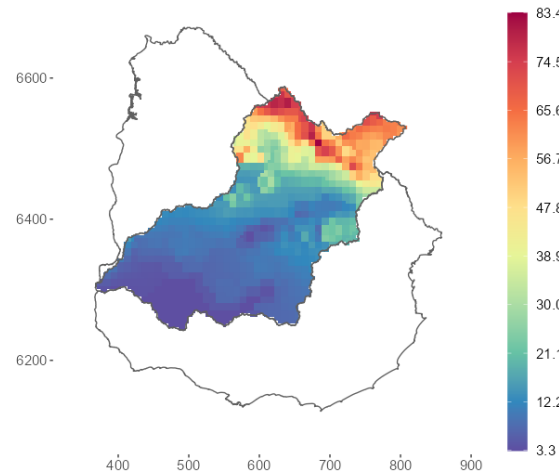


Regression Kriging

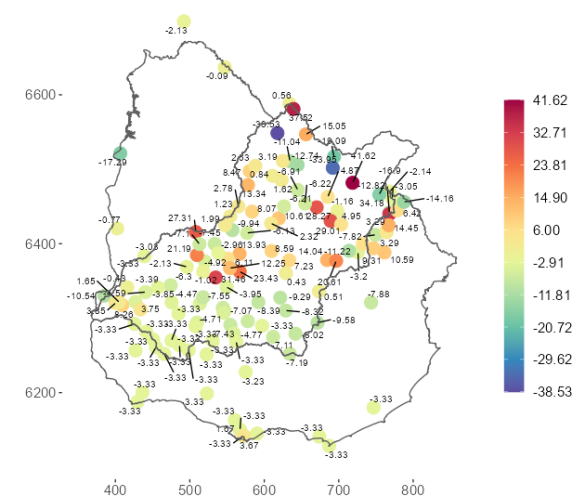
Observaciones - 2019-10-30 00:00



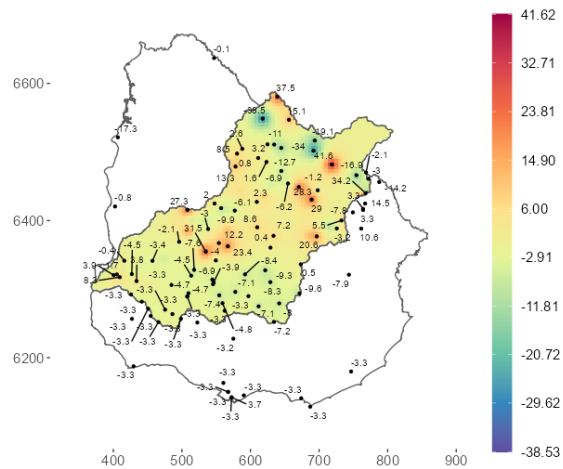
Ajuste Regresores - 2019-10-30 00:00
 $y \sim +0.69^{\circ}\text{C} \text{ Combinado} + 3.33$



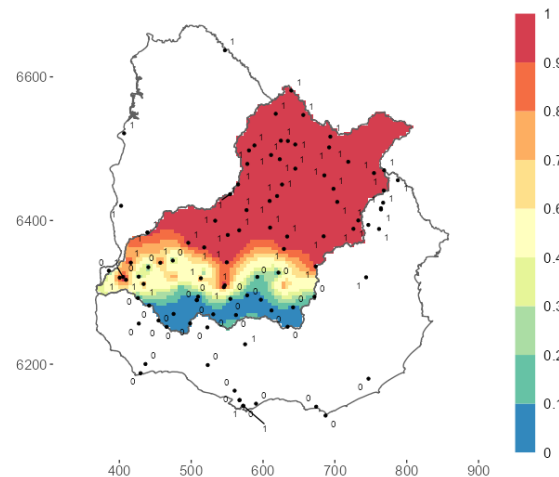
Residuos - 2019-10-30 00:00



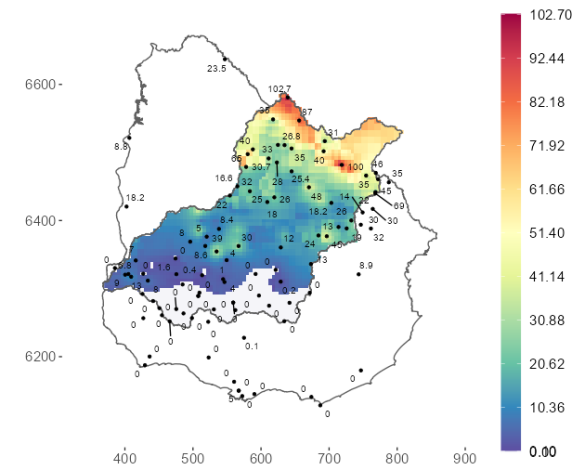
Interpolación - 2019-10-30 00:00



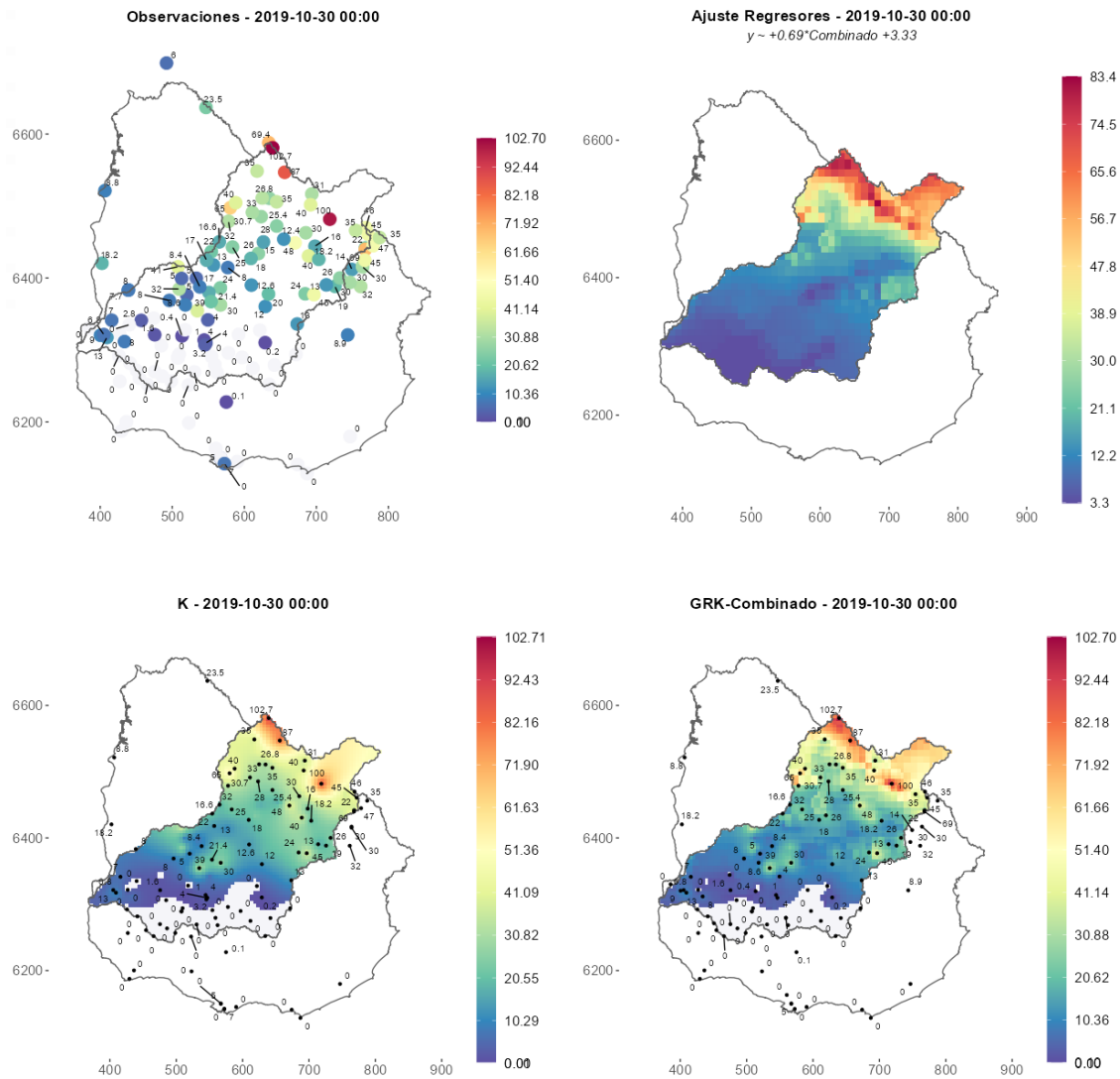
Máscara de Cerros. Interpolación Binaria - 2019-10-30 00:00



GRK-Combinado - 2019-10-30 00:00



Kriging Ordinario vs Regression Kriging



Comparación Modelos - LOOCV

Modelo	ME (mm)	RMSE (mm)	Corr (Pearson)	# Datos
IMERG_V06	-1.18	7.33	0.79	170851
GSMaP_v7	0.45	9.33	0.72	161608
Kriging Ordinario*	-0.06	4.99	0.90	171159
Regression Kriging	0.03	5.12	0.90	171159

Conclusiones

- La incorporación de datos de pluviómetros convencionales brinda una densidad de observaciones muy elevada para la región de interés.
- Los pluviómetros convencionales tienen algunas carencias en la calidad de sus series, en particular se observa un fuerte exceso de 0s registrados respecto a las estaciones de mayor calidad y los satélites.
- Los controles de calidad desarrollados son efectivos para reducir los problemas encontrados en los datos, rescatando la información valiosa y permitiendo el trabajo con los mismos.
- El aporte de la información satelital en el grillado no es significativo dada la mayor densidad de la red, sin embargo, es fundamental para el procedimiento de QC.

Aspectos Informáticos

- **Robustez**
 - Tolerancia a fallos de cualquiera de las 3 fuentes de datos pluviométricos y las 2 fuentes de datos satelitales
 - El sistema es capaz de producir sus salidas con al menos 1 de las 5 fuentes
- **Portabilidad**
 - Proceso de instalación automatizado mediante Dockerfile
 - Instalación de paquetes y resolución de dependencias automáticas en cualquier SO capaz de ejecutar Docker
- **Documentación**
 - Manual de usuario disponible en el repositorio del sistema
 - Comandos makefile para simplificar el uso
- **Performance**
 - Paralelismo mediante descomposición de dominio
 - Múltiples pasos de tiempo: descomposición temporal
 - Único paso de tiempo: descomposición espacial
 - Speedup lineal con la cantidad de procesadores
 - Uso de RAM por proceso ~ 600 MB
 - Solución escalable

Gracias por su atención!

- **Alguna pregunta?**
 - Email: palfaro@motionsoft.com.uy
 - Github: <https://github.com/Ludecan>
- **Repositorios del Proyecto**
 - https://github.com/Ludecan/st_interp
 - https://github.com/Ludecan/precip_rionegro

Referencias Bibliográficas

1. Huffman, G.J., E.F. Stocker, D.T. Bolvin, E.J. Nelkin, Jackson Tan (2019), GPM IMERG Final Precipitation L3 Half Hourly 0.1 degree x 0.1 degree V06, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed: 2020-04-12, [10.5067/GPM/IMERG/3B-HH/06](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/GPM3B-HH/06)
2. Kubota, T., K. Aonashi, T. Ushio, S. Shige, Y. N. Takayabu, M. Kachi, Y. Arai, T. Tashima, T. Masaki, N. Kawamoto, T. Mega, M. K. Yamamoto, A. Hamada, M. Yamaji, G. Liu and R. Oki 2020: Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) products in the GPM era, Satellite precipitation measurement, Springer.
3. Hengl, T. (2009). A Practical guide to Geostatistical Mapping.
4. Müller, W. G. (1999), “Least-squares fitting from the variogram cloud,” Stat. Probab. Lett., vol. 43, no. 1, pp. 93–98.
5. Genton, M. G. (1998), “Variogram fitting by generalized least squares using an explicit formula for the covariance structure,” Math. Geol., vol. 30, no. 4, pp. 323–345.
6. Scherrer, S. C., Frei, C.; Croci-Maspoli, M., van Geijtenbeek, D., Hotz, C.; Appenzeller, C. (2011), “Operational quality control of daily precipitation using spatio-climatological plausibility testing”. Article in Meteorologische Zeitschrift
7. Fox, J. (2002) Robust Regression. Appendix to An R and S-PLUS Companion to Applied Regression
8. R Core Team (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.