

# Caracterización de la precipitación de Costa Rica

Pedro Montenegro & Pablo Vivas

7 de Noviembre, 2019

## Resumen

Las irregularidades en el relieve de Costa Rica hacen que la diversidad de medidas meteorológicas varíen drásticamente en función de la distancia. En este trabajo realiza un análisis de Estadística Geoespacial en conjunto con un análisis no Geoespacial para una de las métricas meteorológicas más conocidas: la lluvia o precipitación. Los datos provienen de 48 estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), además el análisis se enfoca en cuatro medidas de la precipitación: media, mediana, mínimo, máximo, esto en aras de comparar y realizar una interpolación (kriging) para diversos escenarios.

**Palabras Claves:** Geoestadística, Interpolación, Kriging, precipitación

## 1. Introducción

Costa Rica se ubica en una región con características tropicales con un entorno ecológico que comprende bosques, ríos, suelos y climas. Estos interactúan con condiciones de tropicales que son afectados por el relieve, la orientación noreste-sureste del sistema montañoso separa a Costa Rica en dos vertientes, Pacífica y Caribe, el primer régimen Pacífico presentan una época seca y lluviosa bien definida, mientras que el régimen Caribe no muestra una estación seca definida y con una importante precipitación lluviosa en todos los meses. La división de los regímenes explica la distribución de la lluvia en el país (Manson Paulo, Werner Stolz, Fallas Juan C. 2005)[3].

En Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica, ente científico que tiene a cargo la coordinación de todas las actividades meteorológicas y climatológicas [2], divide en 6 regiones el análisis del clima en el territorio nacional, Valle Central, Pacífico Norte, Pacífico Central Pacífico Sur, Vertiente del Caribe y Zona Norte.

La región pacífico norte se ubica al noreste del país, zona llana, la influencia de los vientos y el relieve determinan la distribución mensual de la precipitación, anualmente presenta dos distribuciones marcadas, con precipitaciones muy bajas entre Noviembre y Abril, contrario, precipitaciones altas los demás meses.

La región pacífico central cuenta con un potencial hídrico importante influenciado por el mar, la precipitación es mayor en los valles, cuenta con relieves variados y la precipitación es diferente en cada relieve, entre más al sur mayor precipitación. La presencia de inundaciones es común.

El pacífico sur, con un componente hídrico importante producto del predominante relieve montañoso, es la zona más lluviosa del país, el periodo seco es muy corto.

La región central, ubicada en la región tectovolcánica que encierra principalmente la zona urbana del gran área metropolitana de nuestro país, definido por dos valles (Occidental y Oriental), se puede encontrar un clima seco por influencia del pacífico y un clima templado en las zonas montañosas con lluvia y frío.

La región norte, cuenta con llanura de fácil inundación por influencia del Caribe un bosque tropical húmedo, no cuenta con grandes ríos de agua, la precipitación es lluviosa todo el año, la tercera región más lluviosa.

La región del Caribe, es una región muy húmeda con un fuente hídrico importante, cuenta con dos subregiones (Caribe Norte, Caribe Sur), en esta región se presentan cambios extremos en la precipitaciones por eventos extremos de clima

Los datos se obtienen del departamento de información (IMN), con información de 48 estaciones georeferenciadas por coordenadas geográficas, cada estación es un centro de medición controlado por el IMN, además están distribuidos estratégicamente en las 6 regiones de Costa Rica, en muchos casos la información cuenta las variables de precipitación, temperatura, humedad, viento, altitud y radiación, sin embargo, las únicas variables comparables y siempre presentes en los archivos son la precipitación (mm) y la altitud m.s.n.m.

Generalmente, la presentación de la información sobre las condiciones climáticas contiene análisis geográfico representado por mapas con descripciones claras por pro-

vincia y región, también, es habitual los pronósticos y tendencias de información de precipitaciones y otros indicadores. Sin embargo, el uso del análisis geoestadístico no es común en informes IMN, la metodología del Sistema de Pronóstico de Lluvias en Costa Rica [4] consiste en construir escenarios, principalmente clasificados en lluvioso, normal y seco, además considerando las fuerzas oceánico atmosférico que interfieren en las precipitaciones, la metodología consta de 6 pasos que consiste en un análisis determinístico.

El objetivo de este trabajo es caracterizar el comportamiento espacial de la precipitación a lo largo y ancho del territorio nacional, así como realizar interpolación espacial para esta medida climática. El presente trabajo pretende modelar mediante el análisis geoestadístico de la precipitación considerando la precipitación total en función de ciertas medidas de posición (promedio, mediana, mínima y máxima), con el fin de interpolar la precipitación considerando, si existe, correlación espacial de las mediciones históricas en el territorio nacional.

Para el análisis se utilizan 4 medidas estadísticas para evaluar la precipitación de la lluvia (promedio, mediana, mínimo y máximo) en todos los casos considerando valores anuales, por su parte (IMN, 2008) [1] han observado que los valores anuales de precipitación capturan la señal de eventos extremos de menor escala temporal atribuibles a la variabilidad del clima.

## **2. Desarrollo**

Para analizar y describir el comportamiento de la precipitación en el territorio costarricense, se cuentan con los datos mensuales promediados para un lapso de tiempo que varía entre cada estación meteorológica. Como se explicó en la sección anterior, se tomó la decisión de utilizar medidas estadísticas de posición para resumir la información mensual de la precipitación, específicamente, se calculó el promedio, la mediana, el mínimo y el máximo para los datos disponibles, por lo que en esta sección, generalmente, se presentan los resultados del análisis para cada caso.

Teniendo en cuenta los distintos escenarios, el orden de aparición de los resultados es el mismo y se debe de leer de izquierda a derecha: el primer gráfico muestra el comportamiento de la lluvia promedio, seguido de la lluvia mediana y por debajo de estos dos se presenta el comportamiento para la lluvia mínima y máxima. En la figura 1, se presenta

el comportamiento de la precipitación para cada uno de los escenarios descritos con anterioridad. El patrón para la lluvia media y la mediana es muy similar, sin embargo se puede diferenciar con facilidad los mapas referidos a la lluvia mínima y la máxima. A

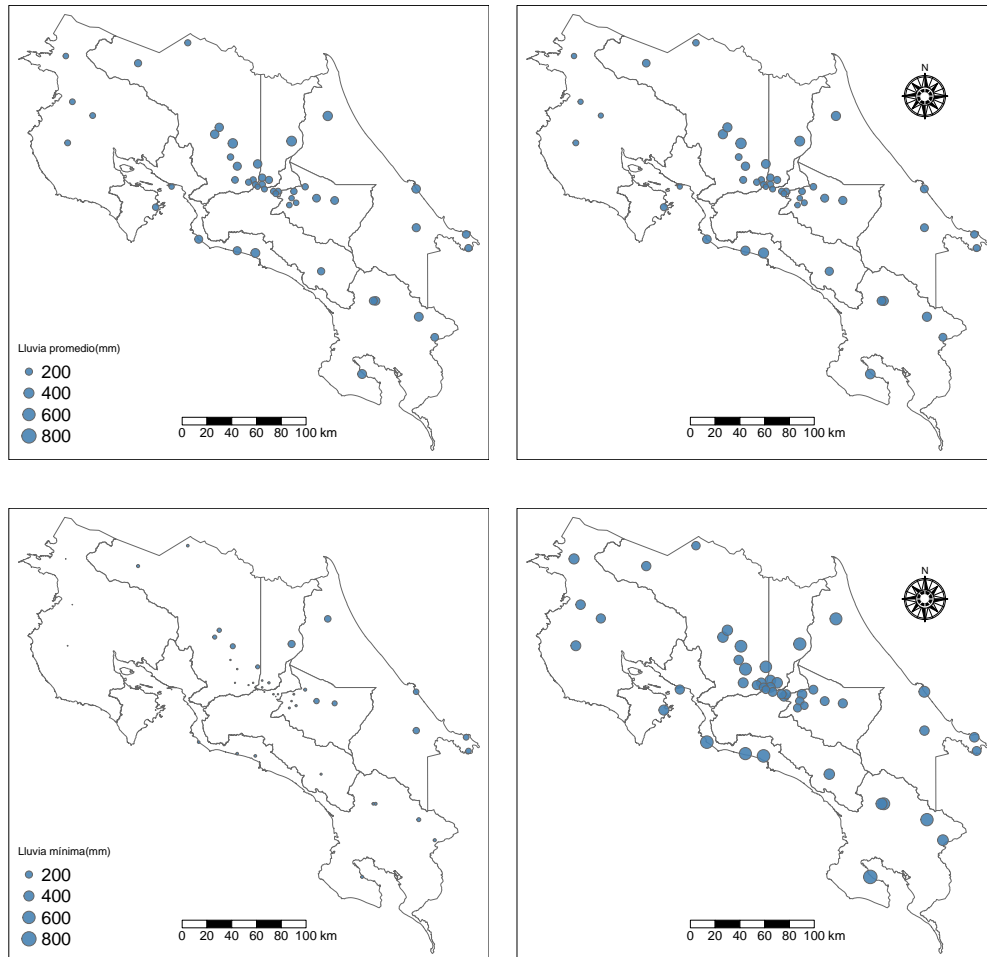


Figura 1: Comportamiento de la precipitación para cada una de las medidas calculadas

Seguidamente se calculó un primer variograma para observar la correlación espacial, solo se muestra uno de los 4 pues cada uno de ellos tiene un comportamiento similar. Se puede notar la existencia de una correlación, esto omitiendo un valor que desentona con todos los demás, que es exactamente cuando se considera una distancia de 50 km.

Aunado a ese variograma, se muestra al lado, una simulación, donde las observaciones son tomadas al azar y se ajusta un variograma para cada permutación de los datos.

Los resultados muestran que la disposición de las observaciones pueden ser confundidas con cualquier otra disposición aleatoria al aumentar la distancia, esta situación no se presenta a distancias cortas . A partir de esta figura se puede concluir que la existencia de correlación espacial es débil.

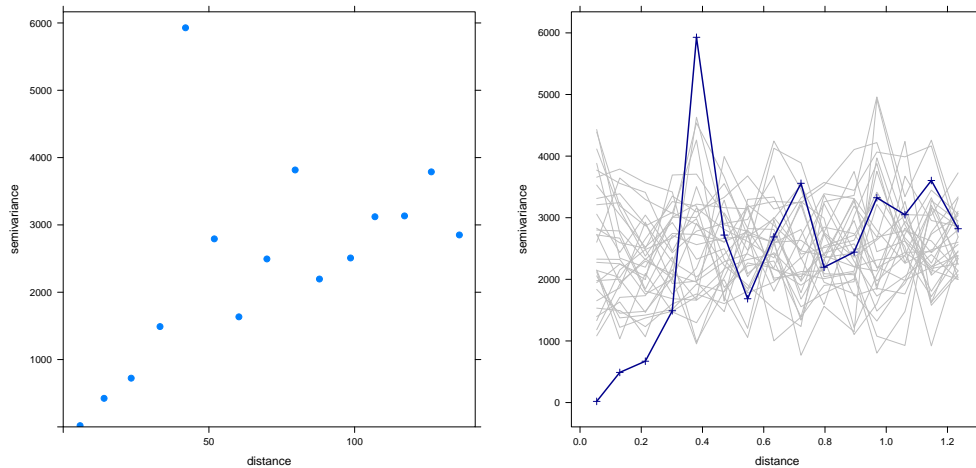


Figura 2: Variograma inicial y variogramas simulados

Para el modelaje de los variogramas en cada escenario se consideraron los siguientes modelos: *Spherical*, *Exponential*, *Gaussian*, *Matern Stein's parametrization*, donde los parámetros de nugget, umbral y rango fueron elegidos de forma manual, en función de lo que se observaba en el variograma, finalmente fueron elegidos los modelos y los parámetros que se presentan en la siguiente tabla:

Datos asociados	Modelo	Nugget	Umbral	Rango
Promedio	Matern	161	6651	11
Mediana	Stein's Matern	77	10202	34
Mínimo	Stein's Matern	0	3040	34
Máximo	Spherical	861	15517	68

La graficación de los variogramas ajustados se presentan en la figura tres, donde resalta la similitud entre los variogramas 1, 2 y 3. El comportamiento de la lluvia máxima parece tener un comportamiento distinto que se ve reflejado la estimación del umbral.

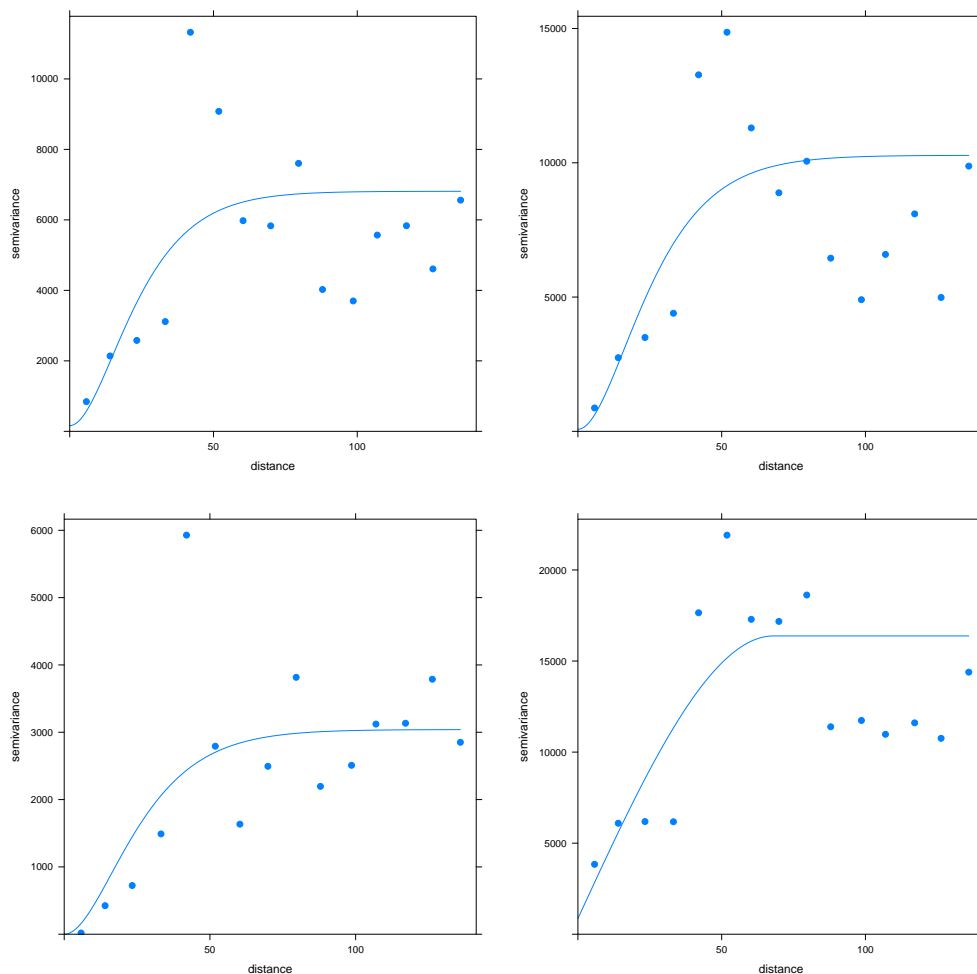


Figura 3: Variogramas ajustados

Seguidamente se realiza el análisis de modelaje por separado para cada uno de los escenarios de la precipitación, esto en aras de comparar la interpolación realizada. Este análisis se desprende, inicialmente, en dos vertientes: modelos determinísticos y modelo estadístico. Para el primer escenario se calculan los diagramas de voronoi o polígonos de Thiessen, además se realiza la interpolación de con pesos de distancia inversa (IDW) . Para el modelo estadístico se hace uso de la información geostadística modelada en el variograma para realizar la interpolación o kriging.

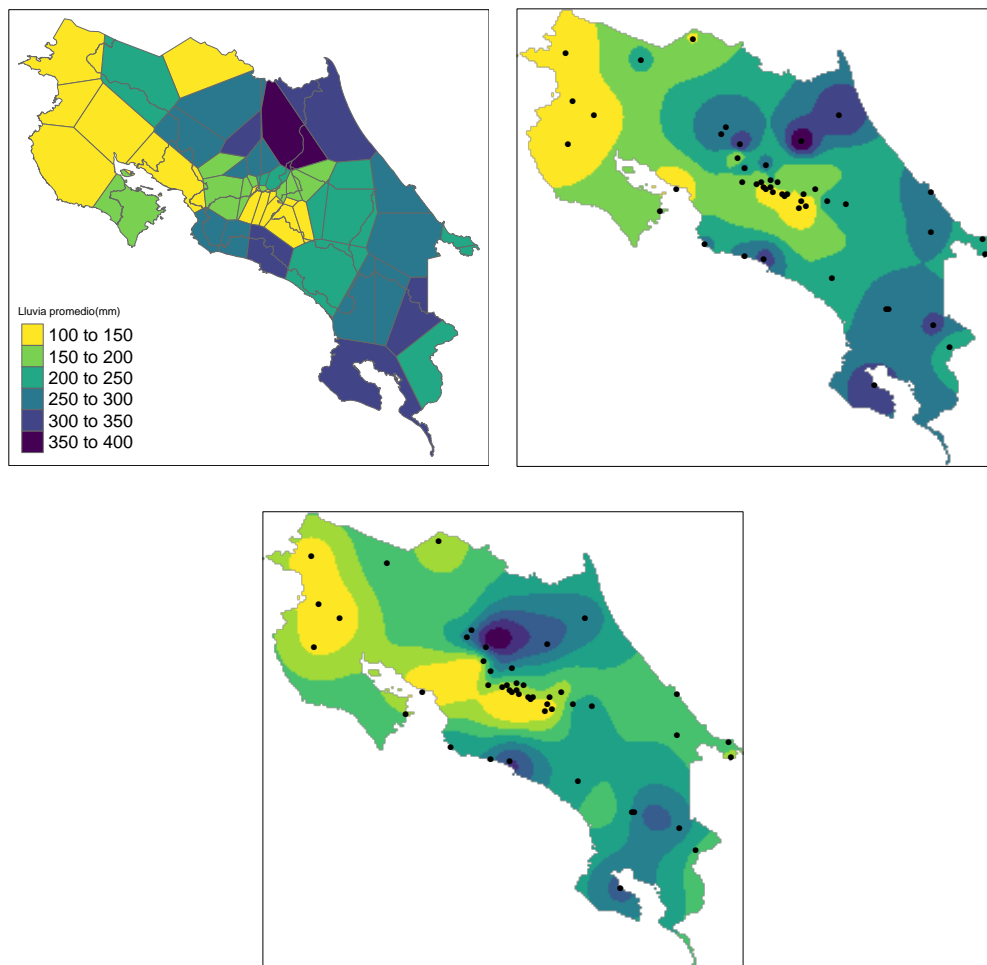


Figura 4: Comparación de la interpolación del Polígono de Thiessen, Interpolación con pesos de distancia inversa (IDW) y kriging para la información de la precipitación media

Con base en la figura 4 se puede observar las distintas interpolaciones realizadas con los métodos antes descritos para la temperatura media. Los tres mapas contienen información similar: un área de la provincia de Guanacaste con bajas precipitaciones de 100 (mm) a 150 (mm), aunado con territorios al noreste donde la precipitación media se encuentra entre los 350 a 400 (mm). Asimismo existen partes céntricas de Costa Rica con poca precipitación media.

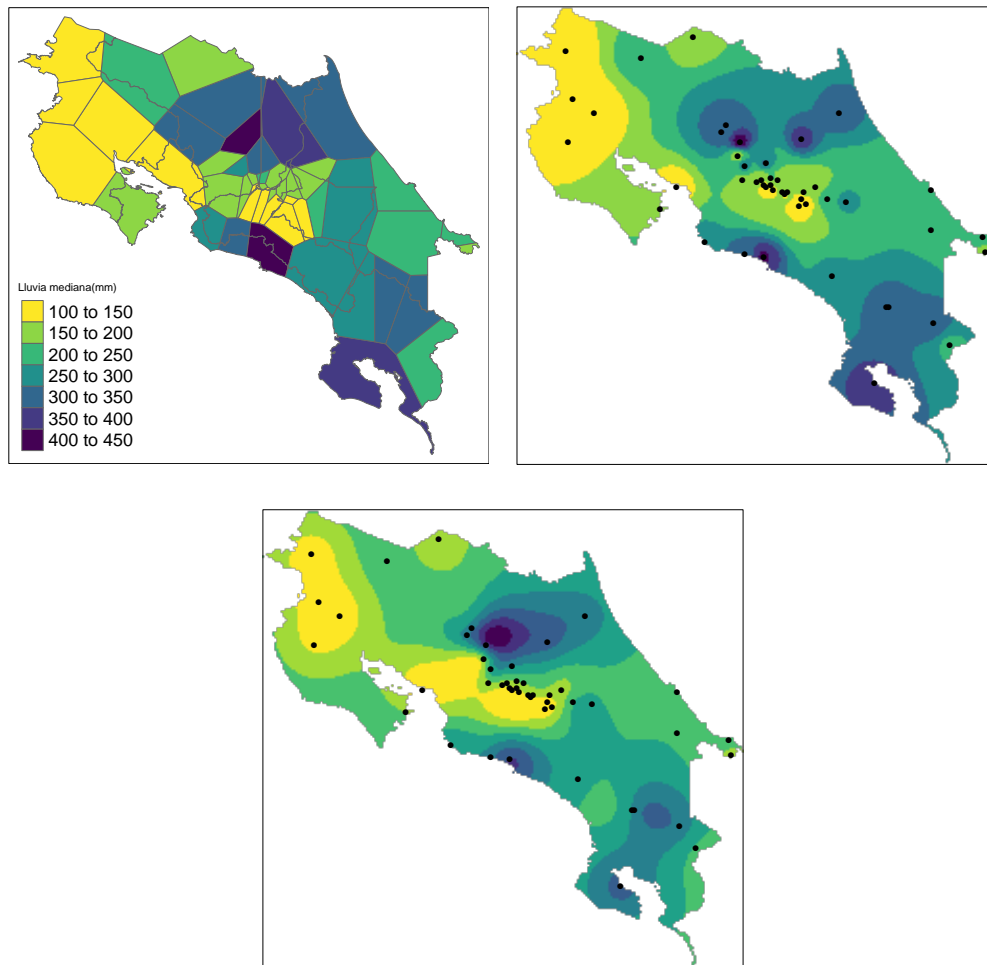


Figura 5: Comparación de la interpolación del Polígono de Thiessen, Interpolación con pesos de distancia inversa (IDW) y kriging para la información de la precipitación mediana

De igual forma se presenta en la interpolación realizada para la temperatura mediana. Los resultados presentados aquí son muy similares a los que se concluyeron en la figura 4, con zonas bien delimitadas y otras donde la división no es tan clara.



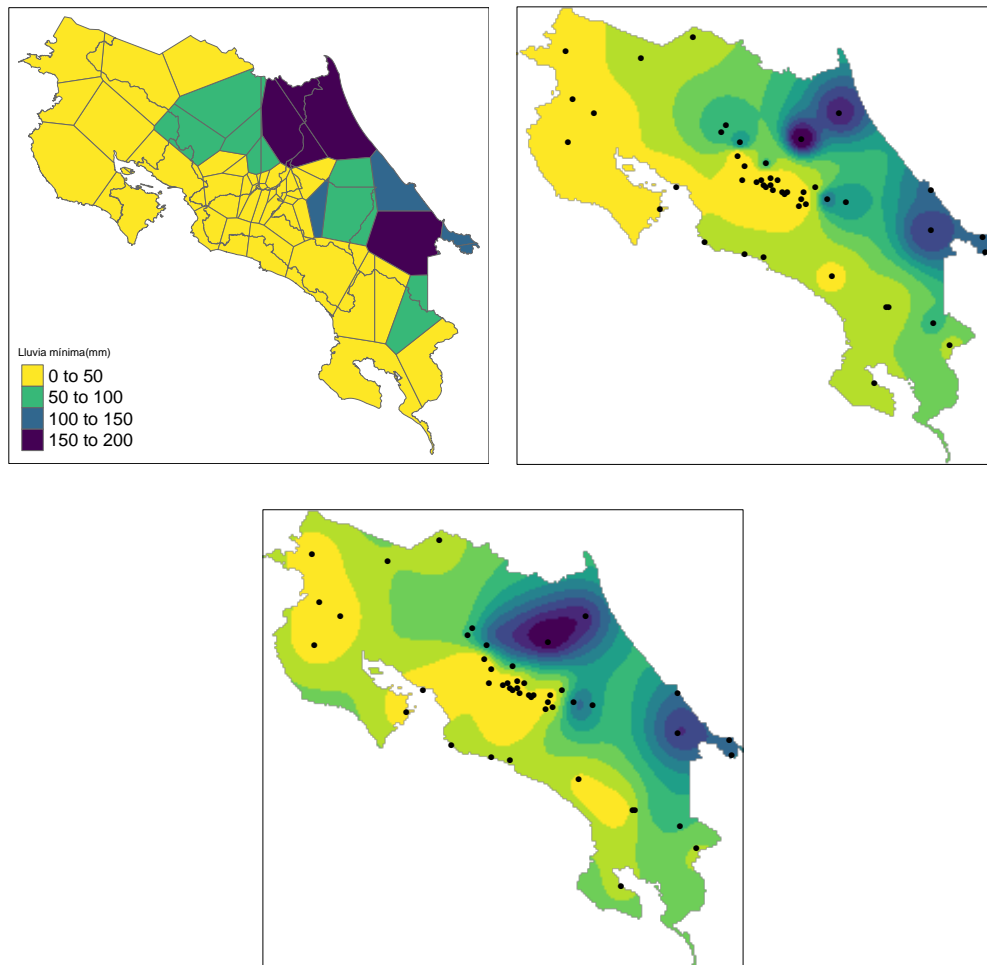


Figura 6: Comparación de la interpolación del Polígono de Thiessen, Interpolación con pesos de distancia inversa (IDW) y kriging para la información de la precipitación mínima

Para la figura 6 se puede notar un cambio sustancial con respecto a los dos anteriores, y esto está explicado pues se trata de la temperatura mínima. En esta ocasión, los polígonos de Thiessen cubren más de la mitad del país con datos de lluvia de 0 a 50 (mm), mientras que las otras dos opciones de interpolación predicen más cantidad de lluvia. Un aspecto a tomar en cuenta es que en la parte noreste del país, aunque se trate con la temperatura mínima, la cantidad de lluvia que se predice sigue siendo muy elevada en comparación al resto del país.

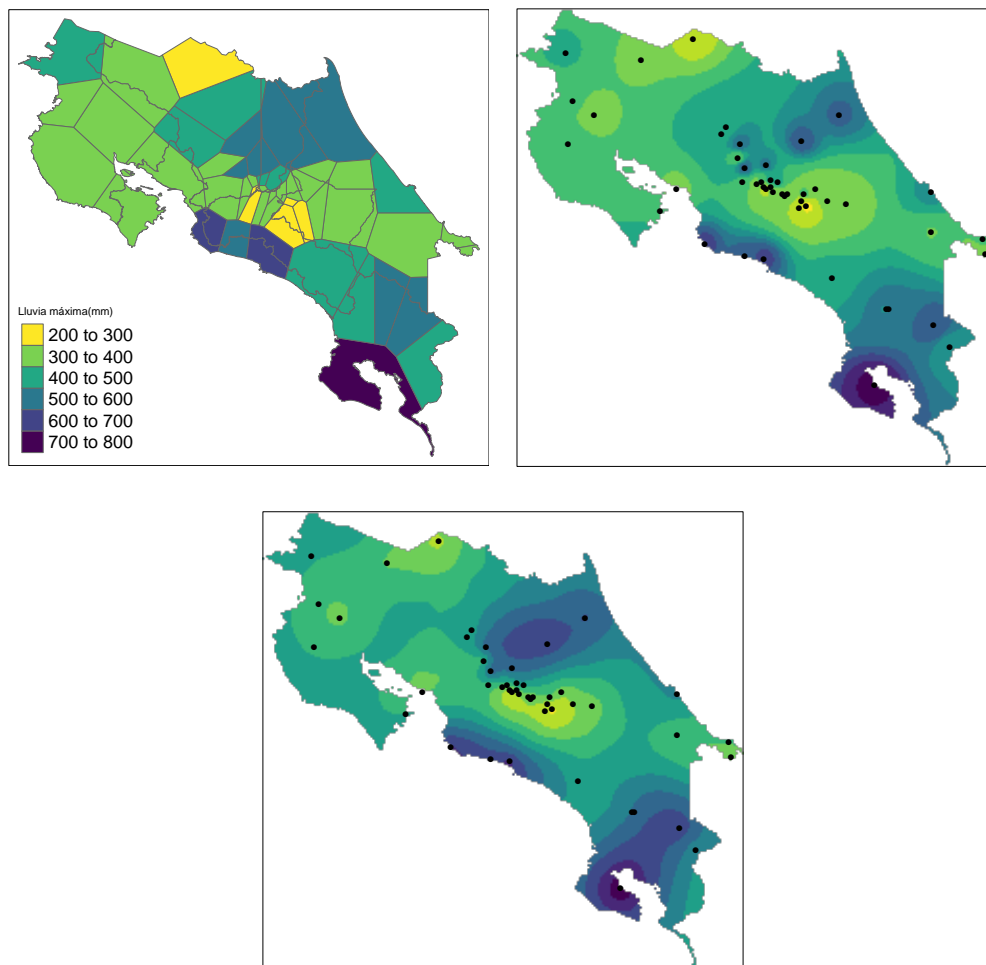


Figura 7: Comparación de la interpolación del Polígono de Thiessen, Interpolación con pesos de distancia inversa (IDW) y kriging para la información de la precipitación máxima

Con respecto a la precipitación máxima en todo el país, se puede observar divergencias entre las predicciones de cada uno de los modelos en escrutinio. Al utilizar los diagramas de Voronoi existen zonas del país con precipitación máxima de 200(mm) a 300(mm), sin embargo para los otros dos modelos no predicen lo mismo.

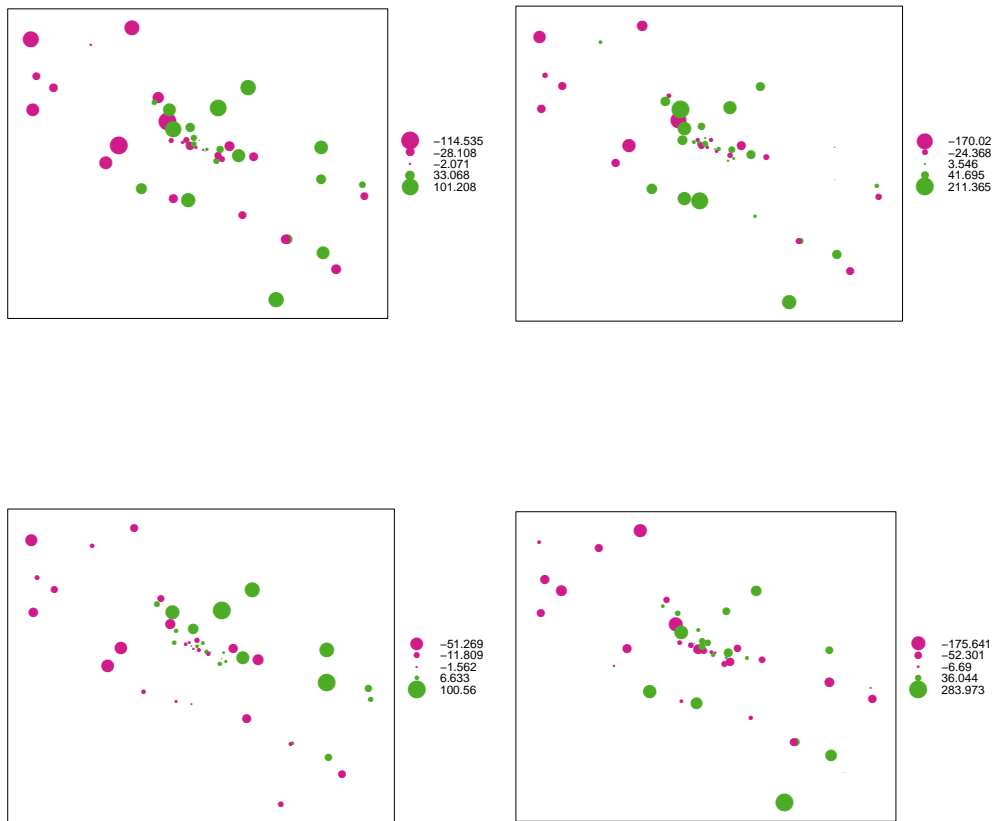


Figura 8: Validación cruzada para el kriging de los distintos escenarios

La validación cruzada para los modelos de kriging muestran características similares, una mala estimación de los valores referentes a la zona Guanacasteca, esto se puede deber a las pocas estaciones meteorológicas presentes en la zona. Asimismo dada la magnitud de los errores, se puede concluir que las mejores estimaciones se dan cuando se trabaja la temperatura mínima. Esto se puede deber a la poca variabilidad existente entre los valores de esa variable, en comparación a otros escenarios. También se debe tomar en cuenta que en la temperatura mínima se da un mejor ajuste del variograma.

### **3. Discusión y conclusiones**

La caracterización de la precipitación en el territorio nacional se realizó desde diversas perspectivas y diversos enfoques. A partir de este análisis se puede obtener una predicción de la precipitación en cualquier parte del territorio costarricense, en función de las condiciones que se tenga. Si se encuentra en la época seca, se puede utilizar la información brindada por los modelos de la temperatura mínima, por otra parte si se encuentra en la estación lluviosa se puede hacer uso de la información que prevé el modelo para la precipitación máxima. En cualquiera de los otros casos se puede utilizar la información referida a los modelos de lluvia media y mediana.

En términos generales, los modelos de Interpolación con pesos de distancia inversa (IDW) y el kriging brindan interpolaciones similares

La cantidad de observaciones fue una limitante para este estudio, pues solo se tenía información para 48 estaciones meteorológicas toda la información (radiación solar, humedad, etc.) no estaba disponible por igual para cada una de las estaciones. Esta situación derivó en una privación para utilizar covariables que puedan ayudar a una mejor interpolación de los datos espaciales.

### **Referencias**

- [1] IMN. El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica. 2008.
- [2] IMN. El clima y las regiones climáticas de Costa Rica. 2017.
- [3] Manson Paulo, Werner Stolz, Fallas Juan C. El régimen de la precipitación en Costa Rica. 2005.
- [4] Villalobos R, Retana J. Sistema de pronóstico de lluvias en Costa Rica. agrupación de años con características pluviométricas semejantes para la creación de escenarios climáticos.