



**Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



ANÁLISIS HISTÓRICO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA REGIÓN ANDINA DE BOLIVIA

RONALD E. ONTIVEROS-CAPURATA, OSÍAS RUIZ-ALVAREZ

Fecha de presentación **20/septiembre/2019**
Mazatlán, Sinaloa, México





Contenido

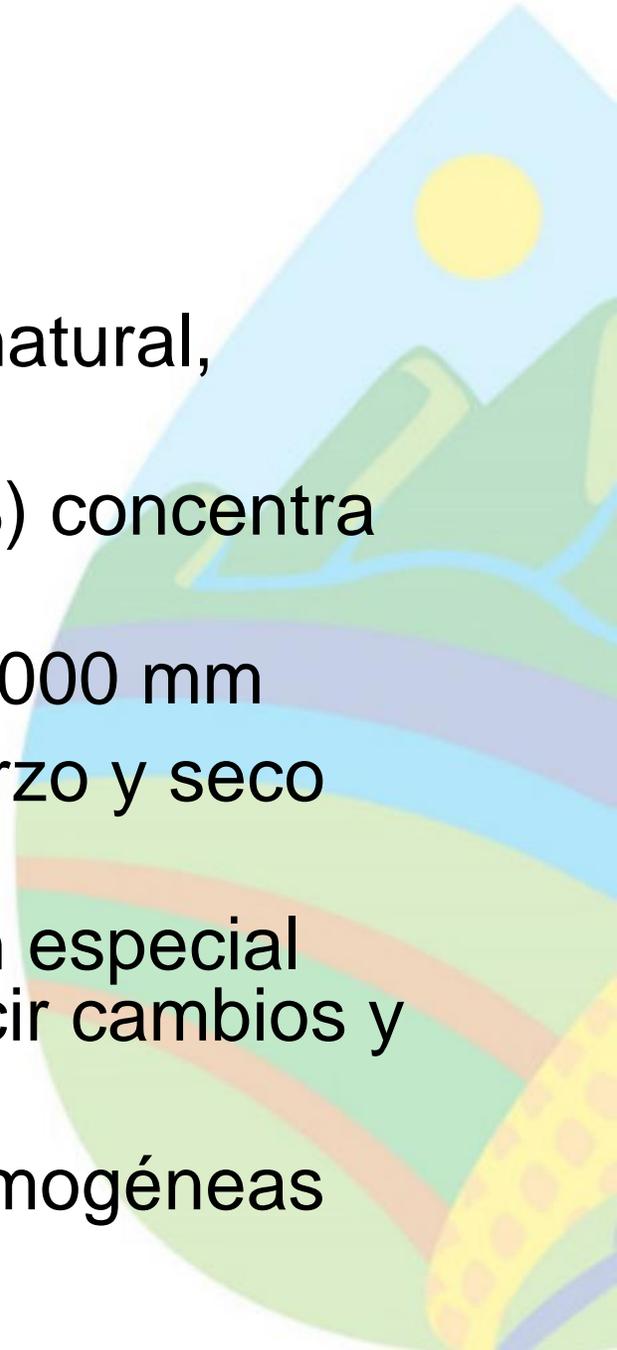
- Introducción
- Métodos y Materiales
- Resultados y Discusión
- Conclusiones





Introducción

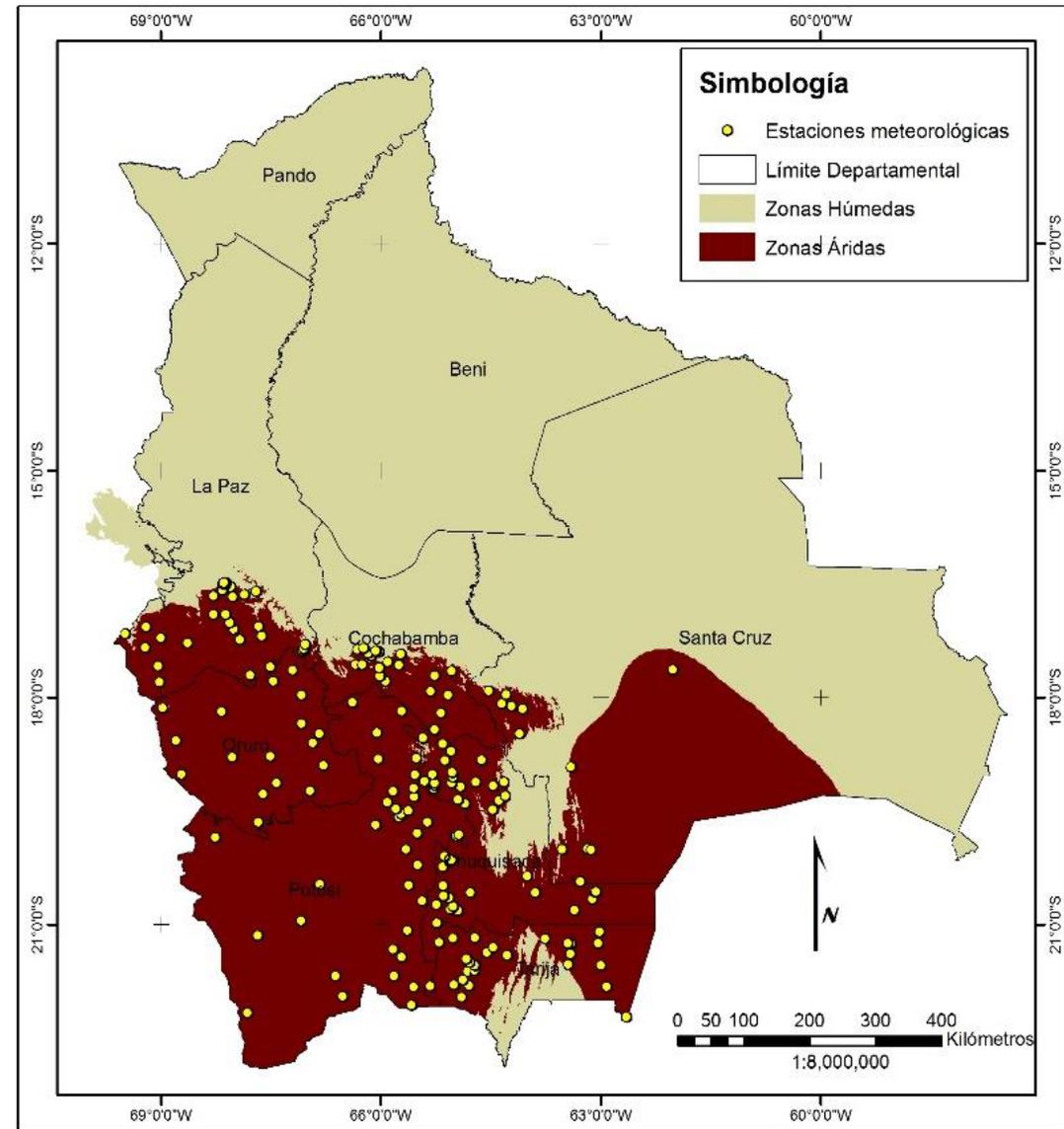
- Variabilidad climática repercute en el medio físico-natural, socio-económico y político-institucional
- Región andina de Bolivia = 317,900 km² (casi 35%) concentra 70% población nacional.
- Temp. media anual: < 20°C, Precip. total anual: < 1000 mm
- Estacionalidad: periodo lluvioso de diciembre a marzo y seco de junio a septiembre
- Analizar la variabilidad de parámetros climáticos en especial precipitación -> comportamiento histórico -> predecir cambios y planificar uso de recursos hídricos existentes
- Objetivo analizar zonas de mayor variabilidad u homogéneas



Materiales y métodos

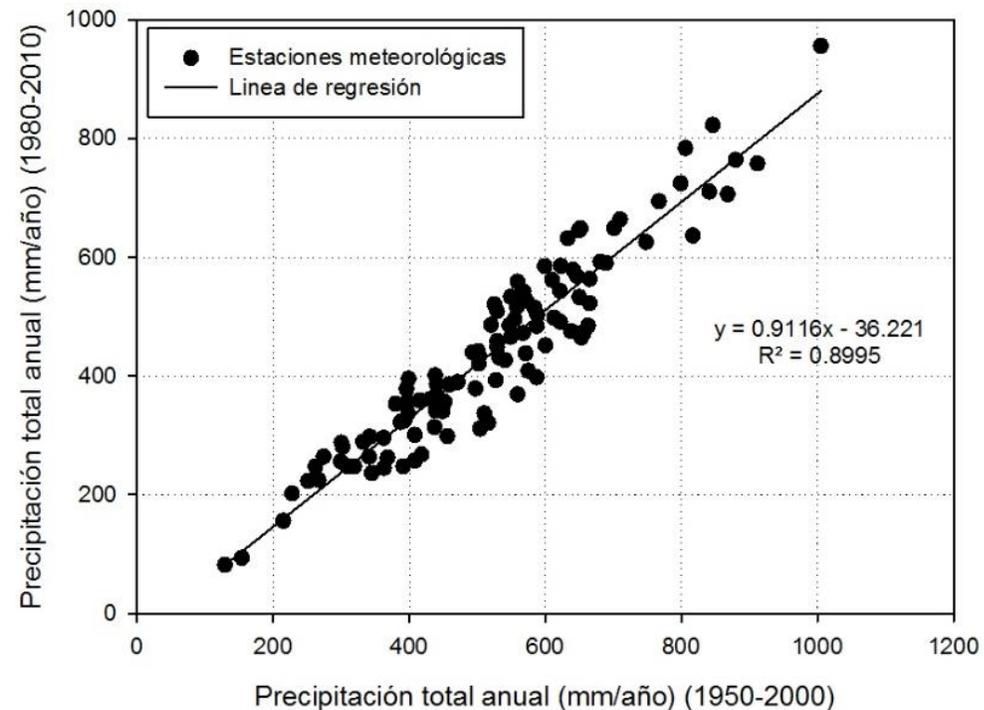
Zona de Estudio

- Andes centrales de Bolivia (zonas hiperáridas, áridas y semiáridas)
- Se usaron datos climáticos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia para el periodo 1971-2010, en total 186 estaciones



Materiales y métodos

- Datos de cada estación se compararon con WORLDCLIM (Hijmans et al. 2005) y se obtuvo modelo de regresión para generar superficies climáticas a resolución 1 km





Materiales y métodos

- Análisis de variabilidad histórica mediante tendencias con la prueba Mann-Kendall

Calculo estadístico S

$$s = \sum_{j=1}^{j=n-1} \sum_{i=j+1}^{i=n} \text{Sign}(x_i - x_j)$$

Estimación de la tendencia

$$s_{\max} = \frac{1}{2}n(n-1) \quad \tau = \frac{s}{s_{\max}}$$

Significancia de la tendencia

$$Z = \begin{cases} \frac{1}{\sigma}(s-1) & \rightarrow s > 0 \\ 0 & \rightarrow s = 0 \\ \frac{1}{\sigma}(s+1) & \rightarrow s < 0 \end{cases}$$

Pendiente de Sen o Tendencia de la serie

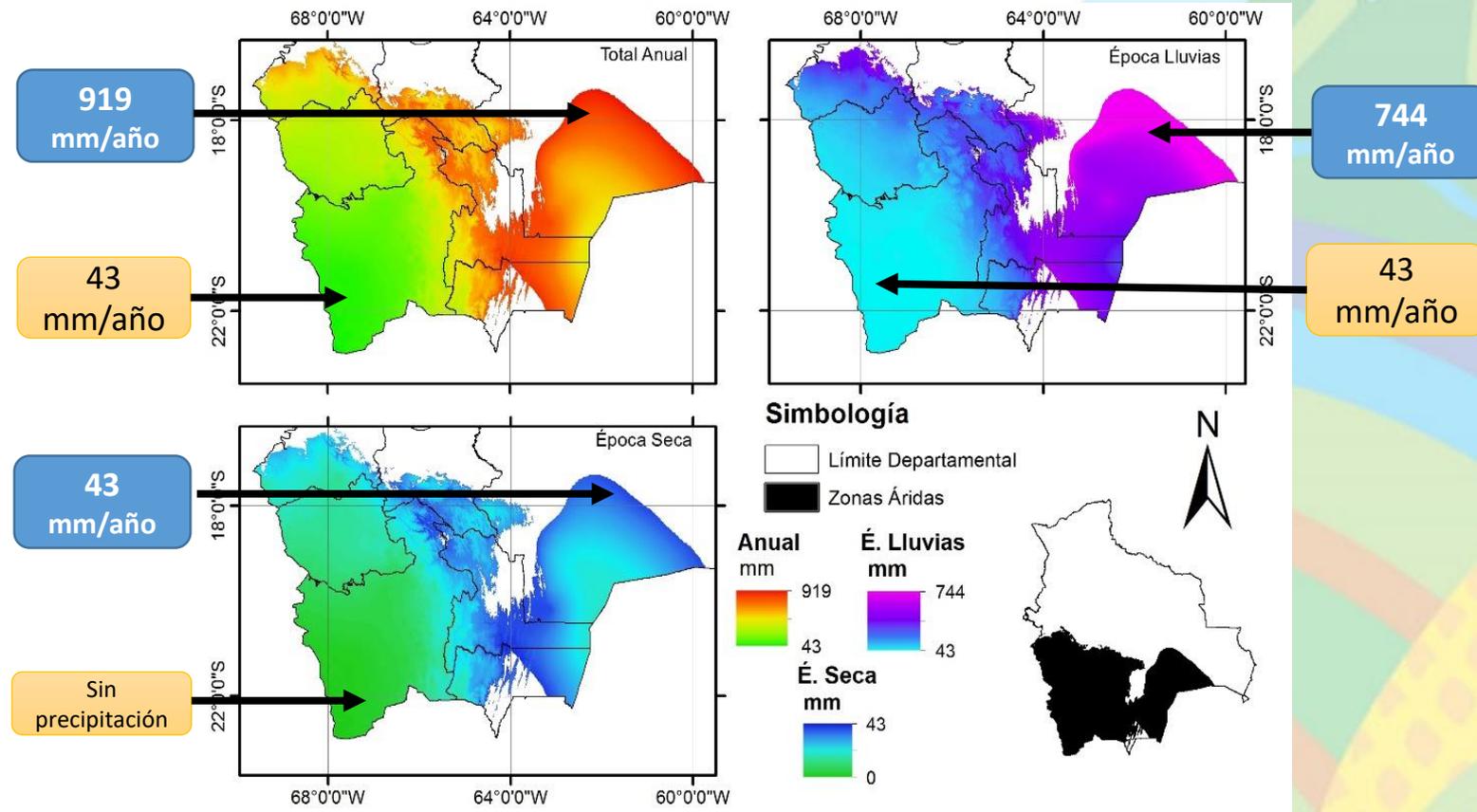
$$Q = \text{Mediana} \left\{ \left[\left[\frac{x_i - x_j}{i - j} \right]_{j=1}^{j=n-1} \right]_{i=j+1}^{i=n} \right\}$$

- Se generaron mapas de interpolación espacial de valores de tendencia de precipitación

Resultados: Variabilidad y estacionalidad

La variabilidad se incrementa de sur a norte, debido a que en el altiplano influye la zona de convergencia en el lago Titicaca ; mientras que en la parte oriental influyen las corrientes de aire húmedo de la Amazonía.

Precipitación anual, época seca y época de lluvias





Resultados: Variabilidad histórica anual

Sur de Sta Cruz: ↓ hasta 131 mm/mes

Altiplano norte y sur: ↑ hasta 60 mm/mes

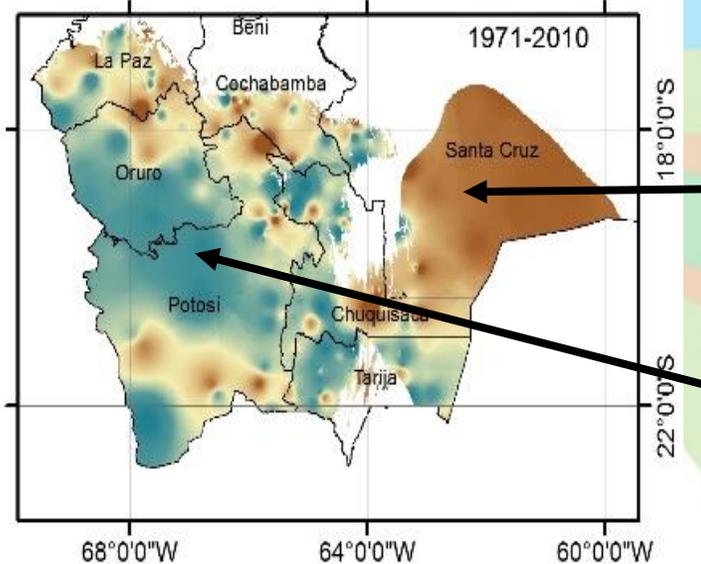
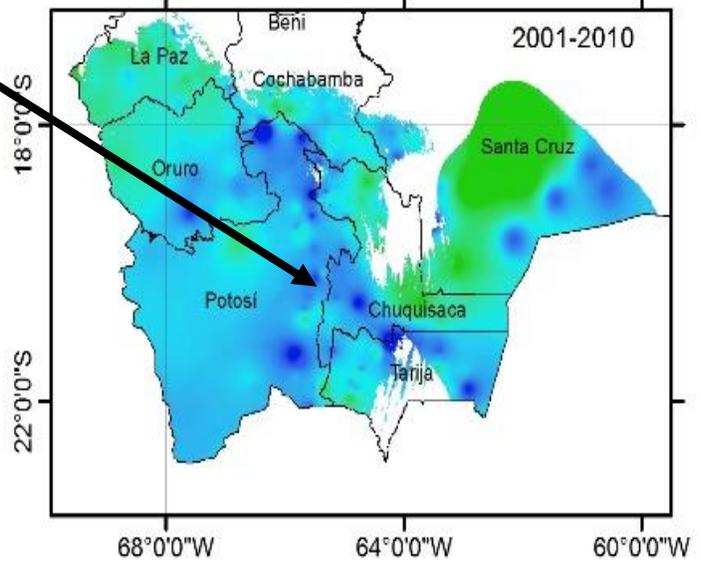
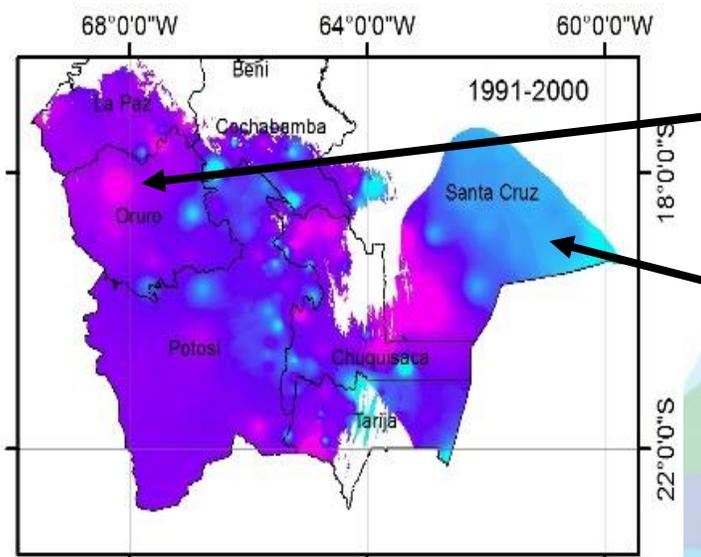
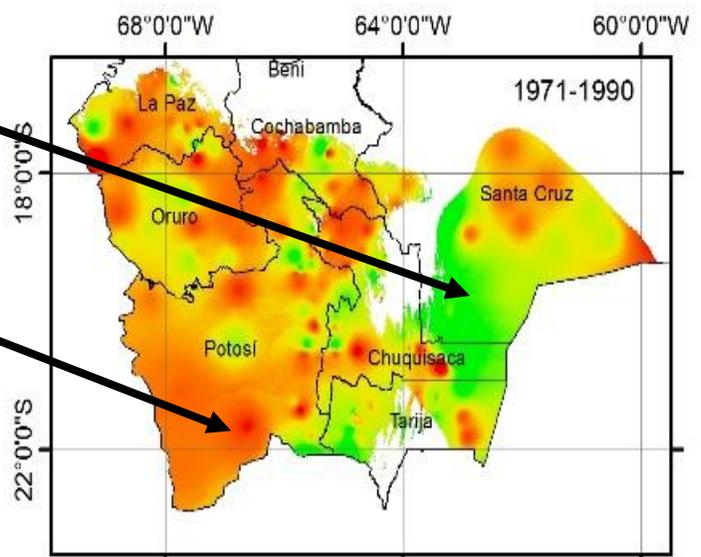
Potosí, Tarija y Chuquisaca: ↑ hasta 93 mm/mes

Altiplano norte: ↑ hasta 116 mm/mes

Sur de Sta. Cruz: ↓ hasta 80 mm/mes

Sta. Cruz, altiplano norte y sur: ↓ hasta 27 mm/mes

Altiplano central: ↑ hasta 22 mm/mes



Simbología

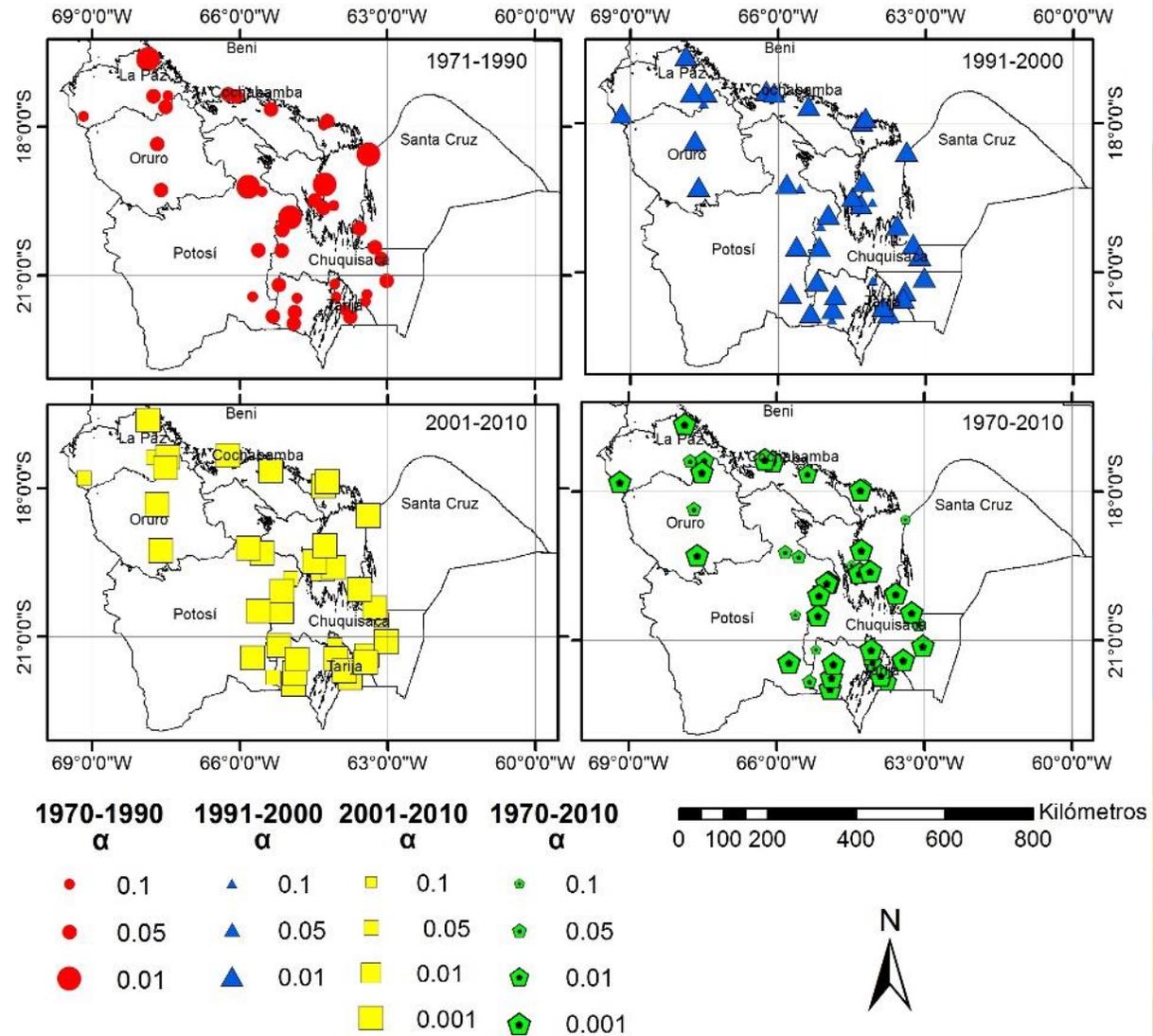
- Límite Departamental
- Zonas Áridas

| 1971-1990 mm/mes | 1991-2000 mm/mes | 2001-2010 mm/mes | 1971-2010 mm/mes |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| >60.0 | >116 | >93 | >22 |
| 0 | 80 | 50 | 10 |
| <-131 | <-80 | <-87 | <-27 |



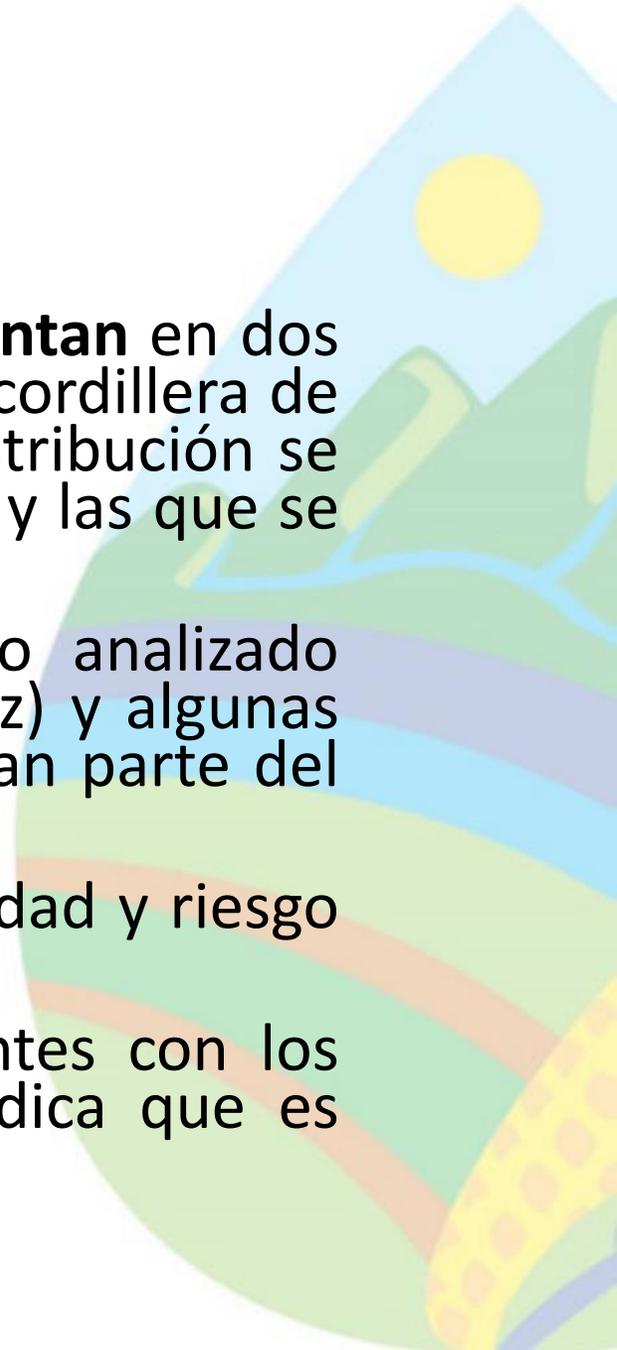
Resultados: Variabilidad por estaciones

- Precipitación ↓ en la mayoría de estaciones, en especial en Chuquisaca, Tarija y Oruro.
- Las máximas diferencias entre valores de precipitación se dieron en el periodo global (1970-2010), seguido por el periodo 2001-2010.
- Los mayores cambios (↑ ó ↓) se han producido en los últimos veinte años.

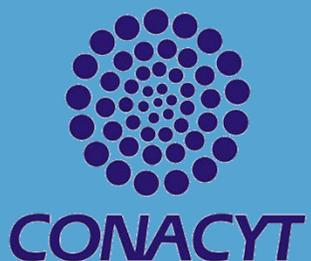


Conclusiones

- Las precipitaciones en las zonas áridas de Bolivia se **incrementan** en dos direcciones, de sur a norte siguiendo el flanco oriental de la cordillera de los Andes y de este a oeste en la región altiplánica, esta distribución se debe a las masas de aire húmedo que llegan de la amazonía y las que se generan alrededor del Lago Titicaca.
- Las tendencias de precipitación anual durante el periodo analizado (1971-2010) fueron **negativas** en la región oeste (Santa Cruz) y algunas regiones aisladas del altiplano norte. Por el contrario, en gran parte del altiplano se **incrementó la precipitación**.
- Estos hallazgos pueden ayudar a definir zonas de vulnerabilidad y riesgo para la agricultura
- La variabilidad climática tiene comportamientos contrastantes con los resultados observados a nivel global o regional lo que indica que es **necesario analizar los cambios a nivel local**



GRACIAS



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA



**Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMEII-AURPAES 2019**

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Nacional de Asociaciones de Producers Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.

Contacto

Ronald Ernesto Ontiveros Capurata
Osías Ruiz Álvarez

CONACYT -IMTA

reontiverosca@conacyt.mx

