

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/341997335>

# Hacia un Sistema de Pronóstico Hidrológico a Nivel Nacional: Perspectivas para América Latina

Presentation · May 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.34183.62883

CITATIONS

0

READS

104

4 authors, including:



**Saul Arciniega-Esparza**

Universidad Nacional Autónoma de México

23 PUBLICATIONS 21 CITATIONS

SEE PROFILE



**Christian Birkel**

University of Costa Rica

157 PUBLICATIONS 2,070 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Isodrones - Resolving the mystery of deep roots: combining water stable isotopes with next generation technology [View project](#)



The National Coastal Resilience Laboratory [View project](#)



# *Hacia un Sistema de Pronóstico Hidrológico a Nivel Nacional*

## *Perspectivas para América Latina*

Mayo 2020

Por: M.I. Saúl Arciniega Esparza

# COLABORADORES



---

**Saúl Arciniega Esparza**  
*Candidato a Doctor, UNAM*



---

**Dr. Agustín Breña Naranjo**  
*Coordinador de Hidrología, IMTA*



---

**Dr. Christian Birkel**  
*Director OACG, UCR*

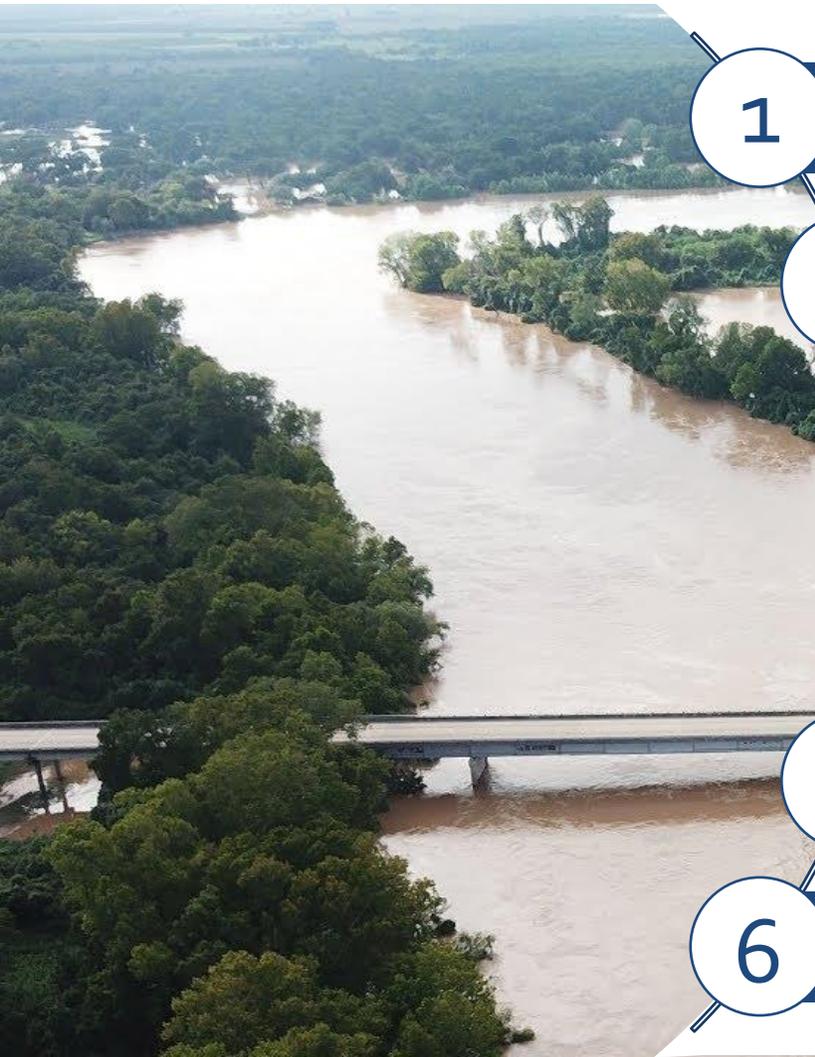


---

**Andrés Chavarría Palma**  
*Geógrafo OACG, UCR*



# CONTENIDO



1 Antecedentes de Sistemas de Pronóstico en América Latina

2 Limitaciones de Sistemas de Pronóstico Hidrológico en AL

3 Propuesta de un Sistema de Pronóstico para AL

4 Aplicación del modelo HYPE en Costa Rica

5 Trabajo futuro

6 Conclusiones

## 1

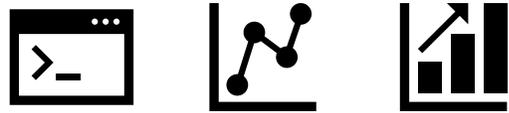
# Componentes de un Sistema de Pronóstico Hidrológico

## Recolección de datos



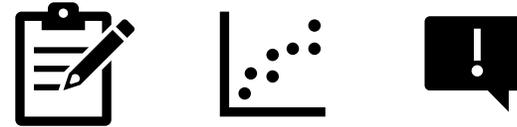
- Datos climatológicos (precipitación, temperatura, viento)
- Datos hidrológicos (caudales, niveles, humedad de suelo)
- Datos de calidad de agua
- Uso de suelo y vegetación
- Tipo de suelo

## Creación del modelo hidrológico



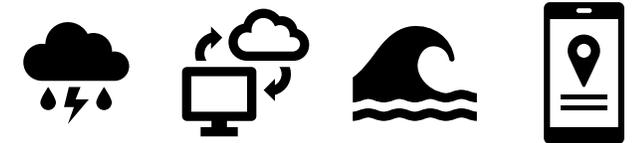
- Delimitación de cuencas de interés
- Análisis de sensibilidad y rango de parámetros del modelo
- Calibración del modelo
- Validación del modelo

## Sistema en tiempo real (operativo)



- Recolección de datos en tiempo real
- Preprocesamiento de la información
- Simulación hidrológica
- Incorporación de resultados en una plataforma
- Envío de alertas

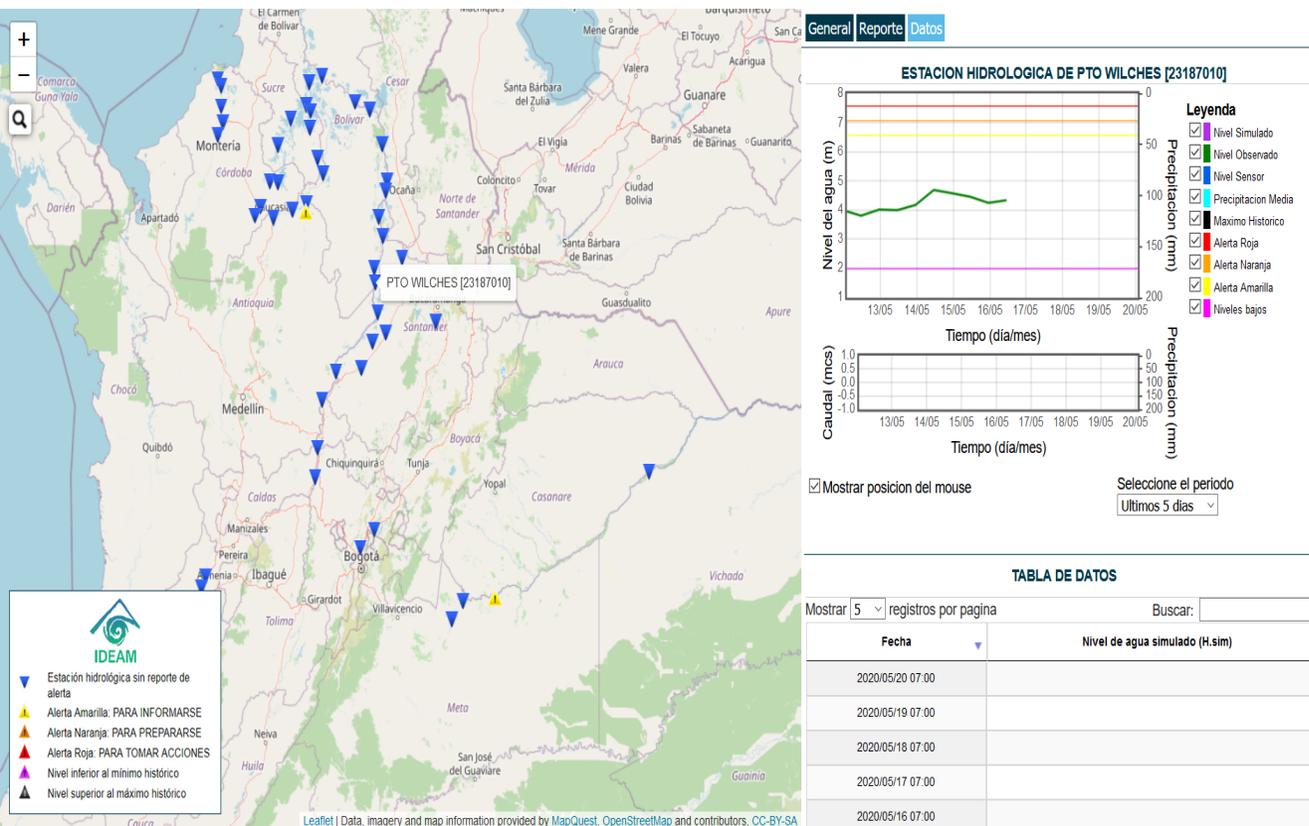
## Sistema de Pronóstico



- Pronóstico meteorológico
- Asimilación de datos
- Simulación hidrológica
- Incorporación de resultados en una plataforma
- Envío de alertas



## FEWS-Colombia



## Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

### Servicios:

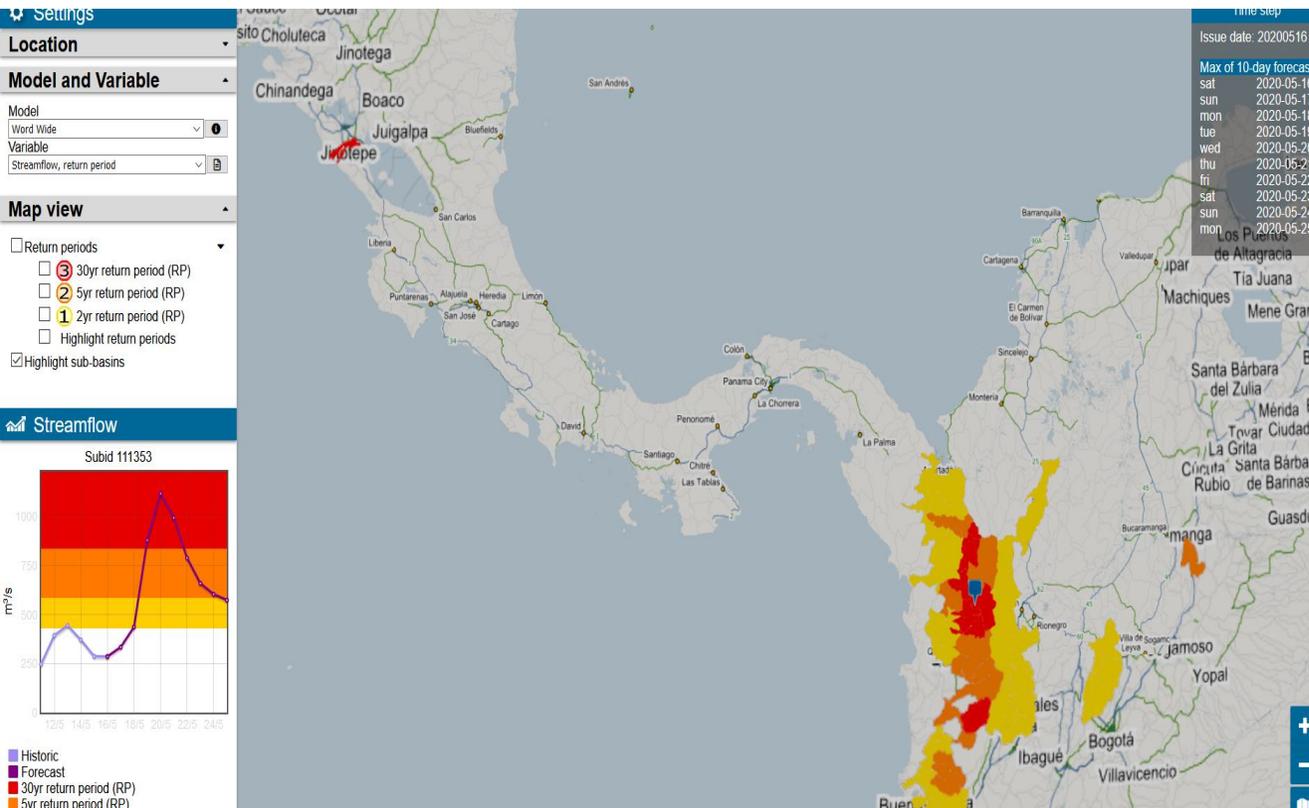
- Aplicación web para visualización alertas y series de tiempo.
- Incorpora más de 20 modelos hidráulicos, hidrológicos y estadísticos en las principales cuencas
- Estado de los caudales y niveles en los principales ríos
- Predicción a 5 días de los caudales y niveles en los principales ríos

## World-Wide Hydrological Predictions

## Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)

### Servicios:

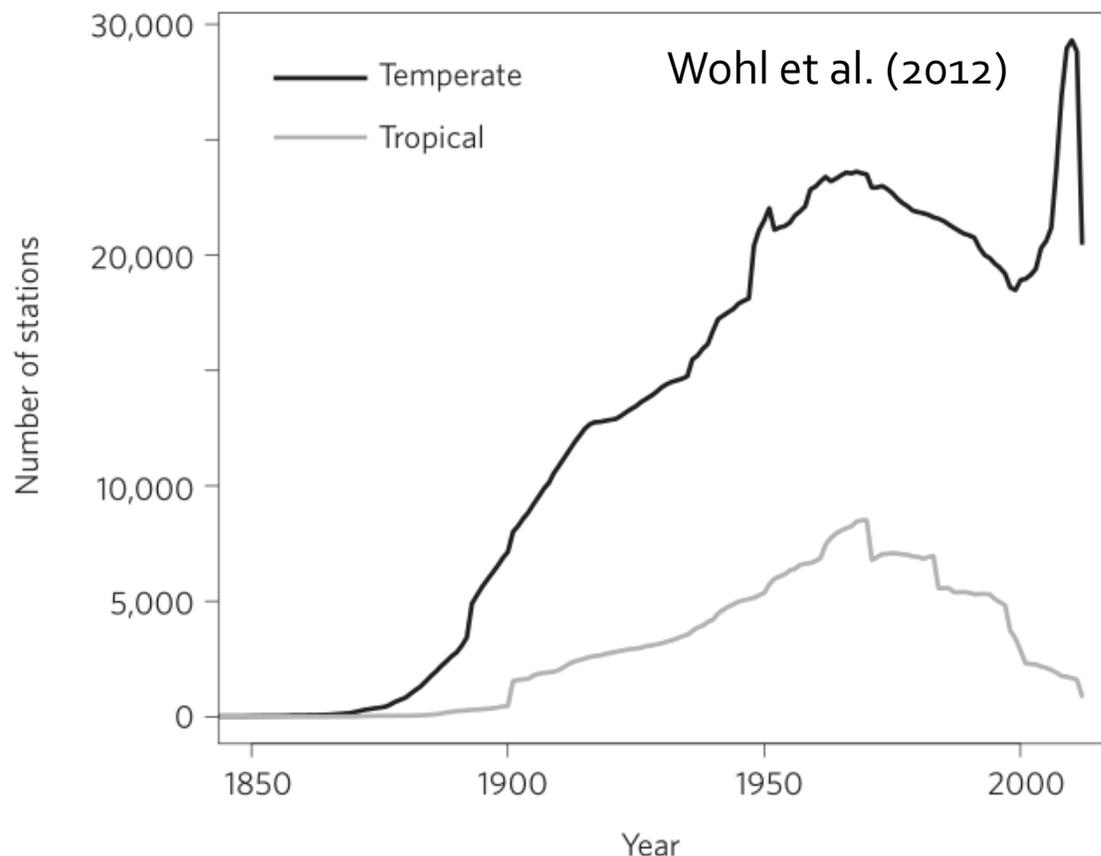
- Pronóstico global (135 millones de km<sup>2</sup>) usando el modelo HYPE
- Aplicación web para visualización de pronósticos
- Pronóstico a 10 días del caudal en cuencas
- Pronóstico estacional del caudal
- Cambio climático



## 2

# Limitaciones de Sistemas de Pronóstico Hidrológico

## Número de estaciones de precipitación en la base de datos de la Global Climatology Network



- Huecos en el conocimiento del comportamiento hidrológico de cuencas de América Latina
- Poca o nula información de variables hidrológicas para utilizar en procesos de calibración y validación de modelos hidrológicos
- Falta de presupuesto para adquirir equipo para tener un sistema automatizado
- Conflictos interinstitucionales que dificultan el acceso de información
- Falta de accesibilidad a los usuarios del sistema

# 3

# Sistema de Pronóstico Hidrológico Propuesto

## Construcción del Modelo

Tmed diaria



Precipitación diaria

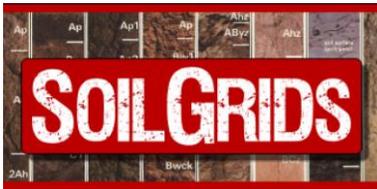


Climate Hazards Center  
UC SANTA BARBARA

Uso de suelo



Tipo de suelo



DEM 30m



Cuerpos de agua



## Estructura Base

Servidor



Base de datos



Automatización



Geoprocesos

# HYPE

Modelo hidrológico

## Sistema de Pronóstico

Pronóstico climatológico

CHIRPS-GEFS Data

Alertas



ChatBot



DashBoards interactivos



Dash  
by plotly

# 3

## Sistema de Pronóstico Propuesto: Bases de Datos

### CHIRPS Data

#### Lluvia diaria a tiempo cuasi-real

- Periodo de 1981 – al presente
- Cobertura cuasi-global (50°S – 50°N)
- Resolución espacial de 0.05 °
- Latencia de 2 días
- Derivado de sensores remotos y corregido con interpolación de estaciones en tierra
- Desarrollado para monitoreo de sequía agrícola y cambio ambiental global

### CHIRPS-GEFS Data

#### Pronostico de lluvia diaria

- Misma resolución y extensión espacial que CHIRPS
- Precipitación compatible con los datos históricos de CHIRPS
- Pronóstico de hasta 15 días en el futuro
- Media de 11 miembros del ensamble (pronóstico determinista)

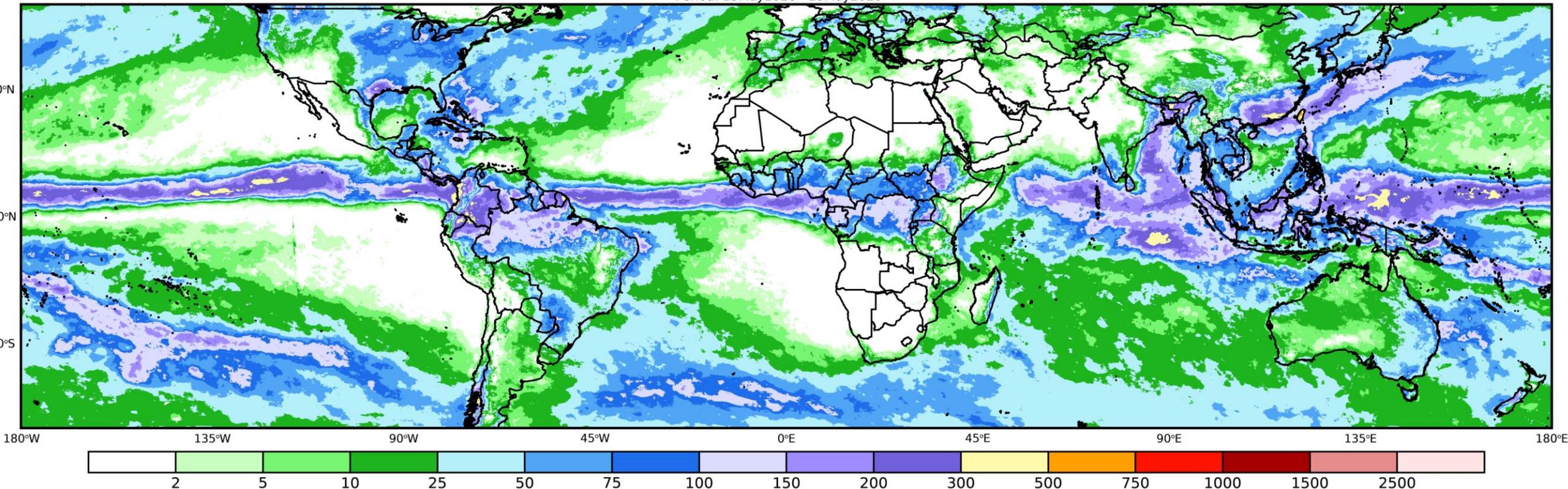
# 3

## Sistema de Pronóstico Propuesto: Bases de Datos

CHIRPS-GEFS Data

- Precipitación total pronosticada a 15 días
- Fecha de consulta 2020/May/15

CHIRPS-GEFS 15-Day Total Rainfall (mm)  
Period: 15May2020 - 29May2020

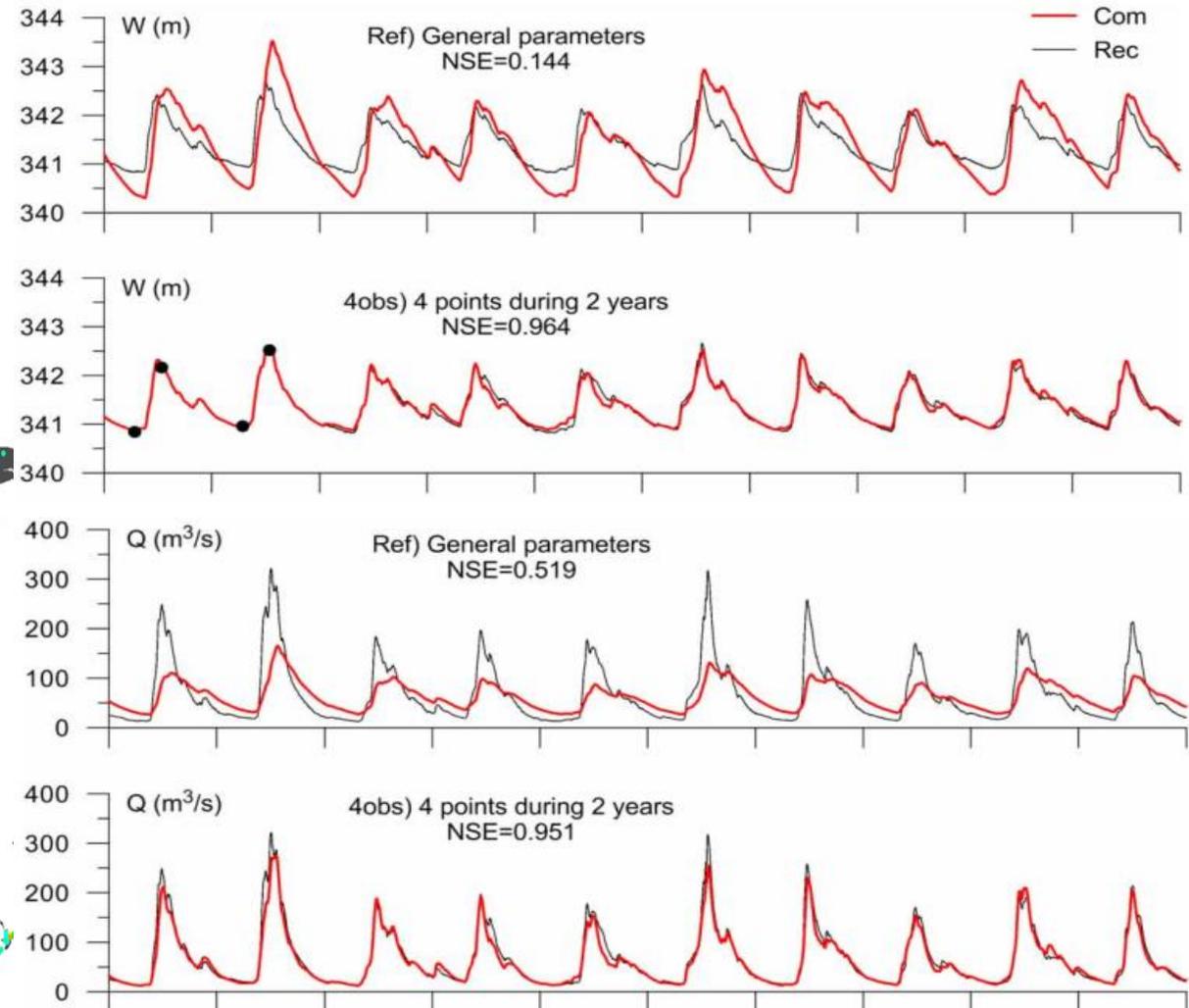
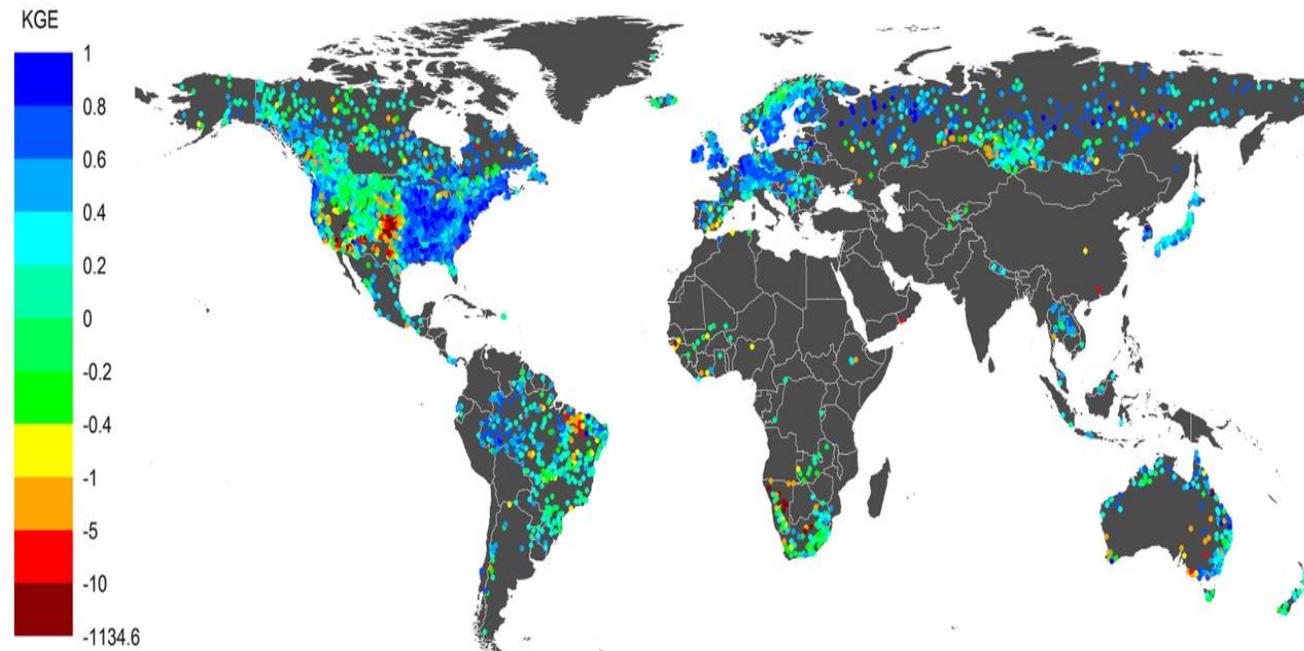




## 3

## Sistema de Pronóstico Propuesto: Modelo HYPE

- Aplicaciones de HYPE a nivel mundial (Arheimer et al., 2019)
- Calibración con pocos registros de niveles de agua en lagos (Lindström, 2016)



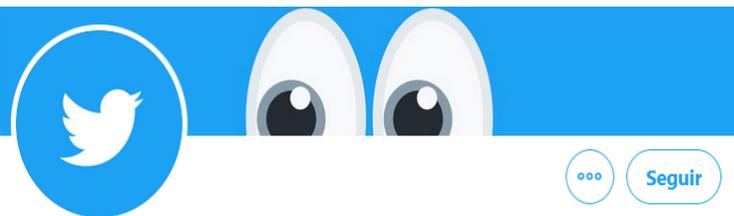
# 3

# Sistema de Pronóstico Propuesto: Sistema de Alertas



## Tweepy

Publicación de alertas en Twitter con Python



Twitter

@Twitter

What's happening?!

📍 Everywhere 🌐 [about.twitter.com](#) 🎂 Fecha de nacimiento: 21 de marzo

📅 Se unió el febrero de 2007

1 Siguiendo 57,9 M seguidores

👤 Georgia Papacharalampous, Ana Elizabeth y 41 más de las cuentas que sigues siguen a este usuario

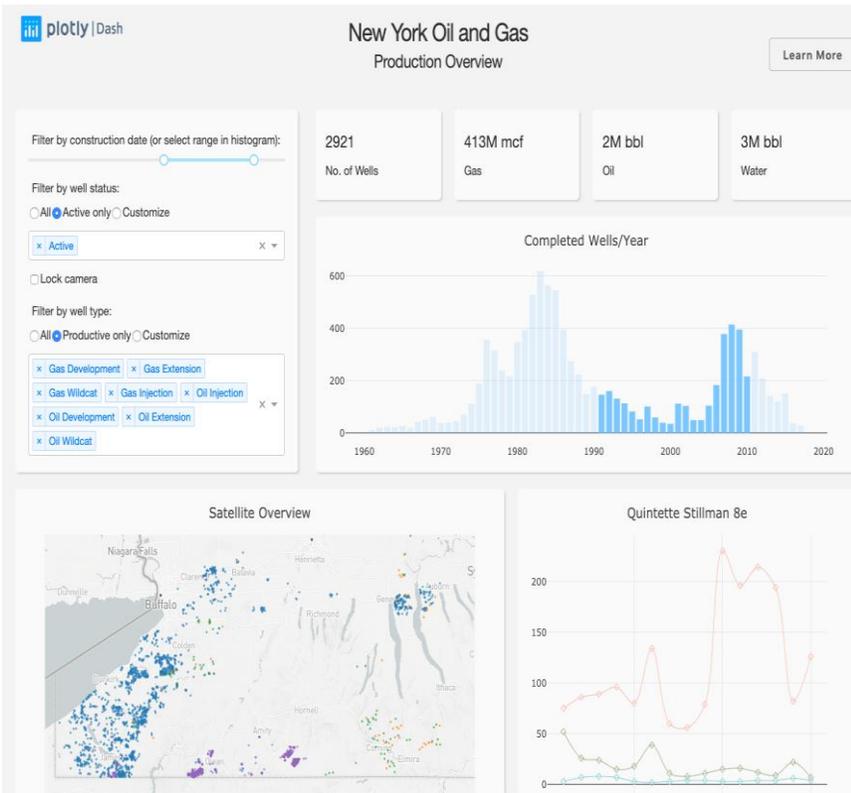
Tweets Tweets y respuestas Multimedia Me gusta

Twitter @Twitter · 12 may.  
wine.  
🗨️ 11,7 mil 🔄 30 mil ❤️ 200,7 mil 📤



## Dash y Plotly

Aplicaciones web interactivas orientadas a ciencia de datos



## Telegram Chatbots

Chatbot para consulta de datos, reportes, gráficas, alertas

TRADEX bot

the metrics to redefine the trading with proprietary trading signals and tools that can ease the pains out of the system. I...

/quote sunpharma

Quote  
Symbol : SUNPHARMA  
Exchange : NSE  
Last Price : 471.9000  
Open : 433.0000  
High : 476.9500  
Low : 432.7000  
Close : 450.0000  
Price Change : 21.9000  
Price Change %: 4.87%  
Volume : 0  
Last Updated : Aug 14, 3:42PM GMT+5:30

Sticker Downloader bot

Select the sticker output formats.

jpeg only png only webp only

all format

Mehvish

send me any sticker or sticker add/share link, example [http://t.me/addstickers/animals](#)

Settings

Select the sticker output formats.

jpeg only png only webp only

all format

Message

Batch mode: ON

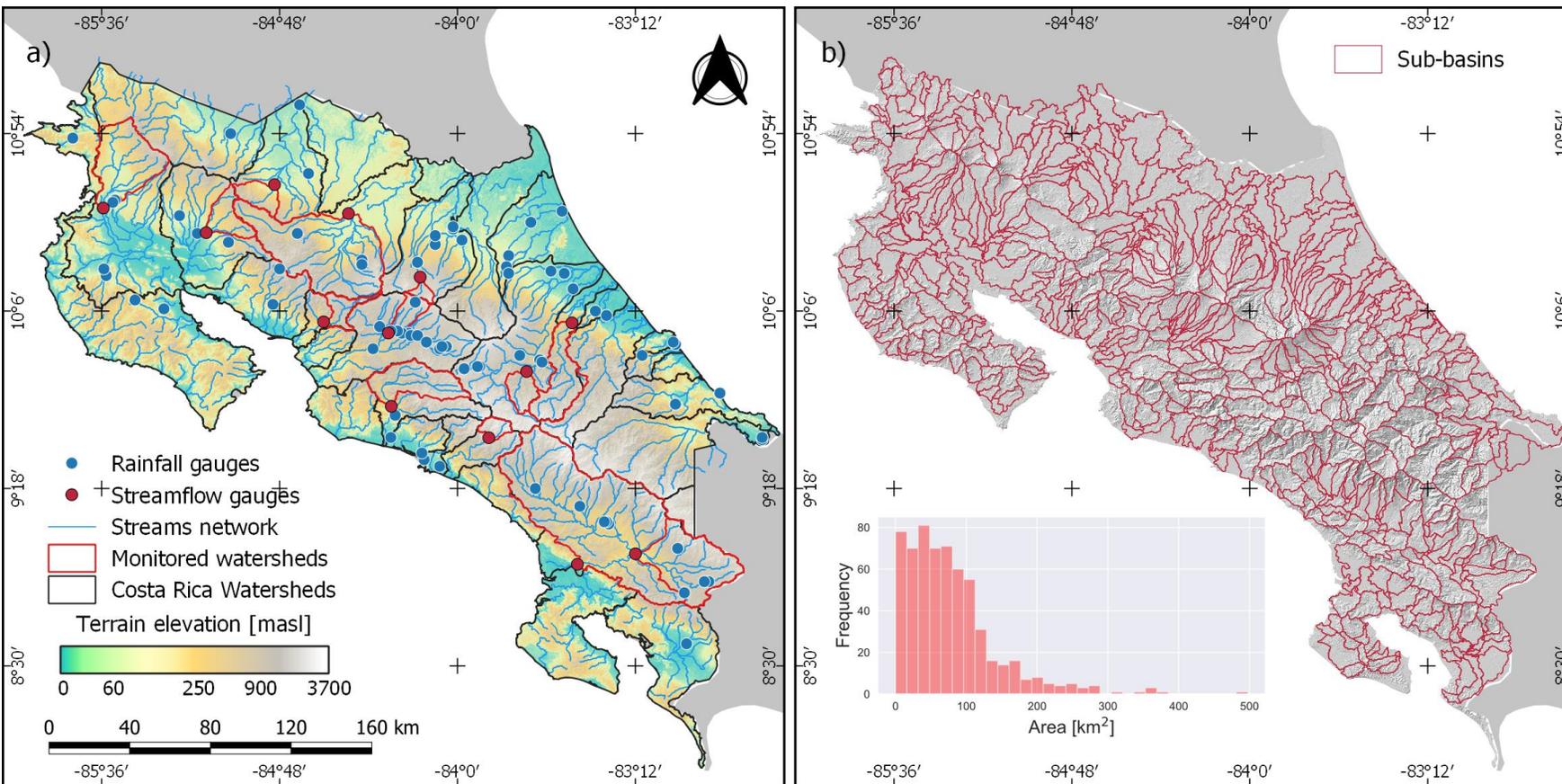
Settings

Help Rate About

SGXNIFTY  
Last:9793  
Change:-11.5  
Change(%):-0.12%

## 4

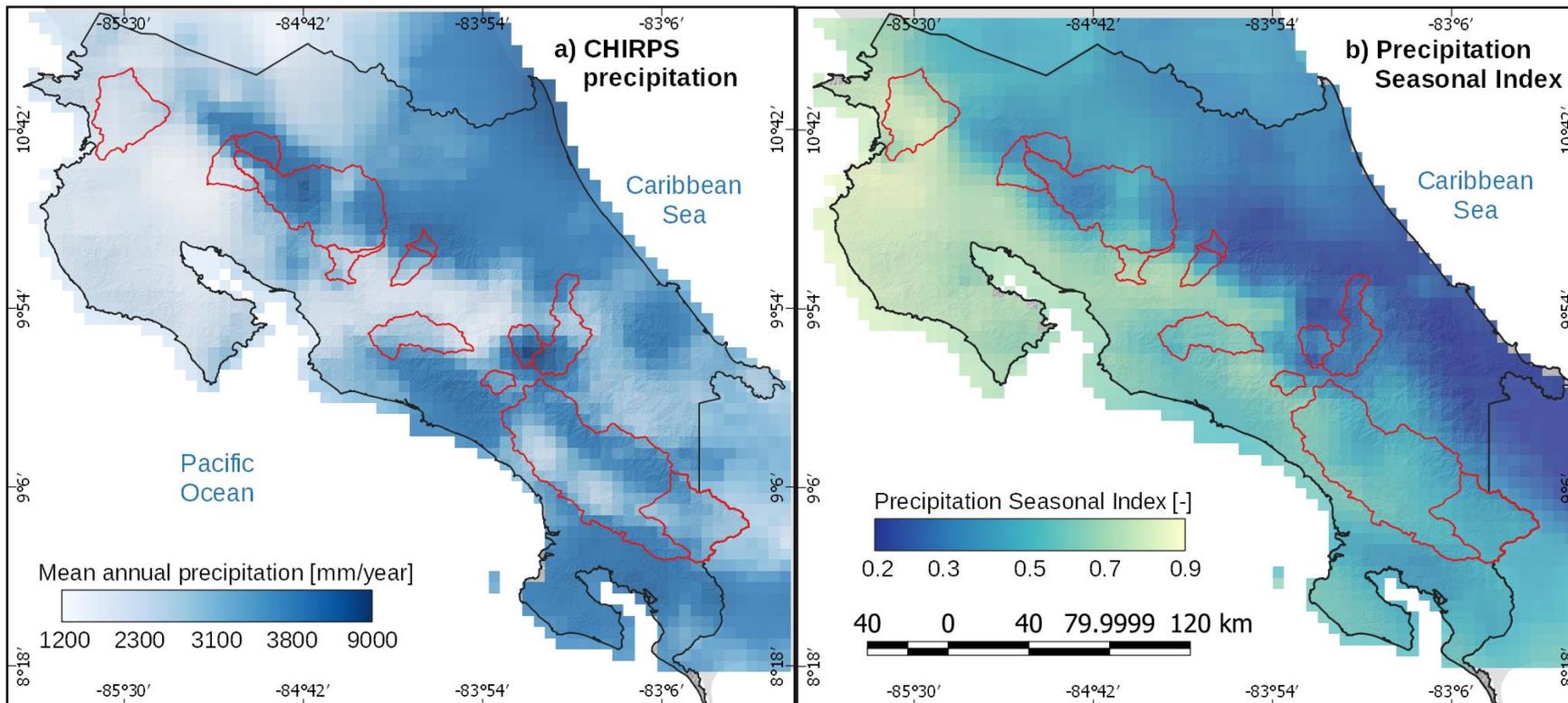
## Aplicación del Modelo HYPE en Costa Rica



- >600 subcuencas delimitadas
- 13 estaciones hidrométricas. Caudal diario 2000-2003
- 76 estaciones de lluvia. Registro diario con periodo variable
- PET y ET mensuales de MODIS con periodo 2001-2014
- 4 estrategias para la calibración del modelo

## 4

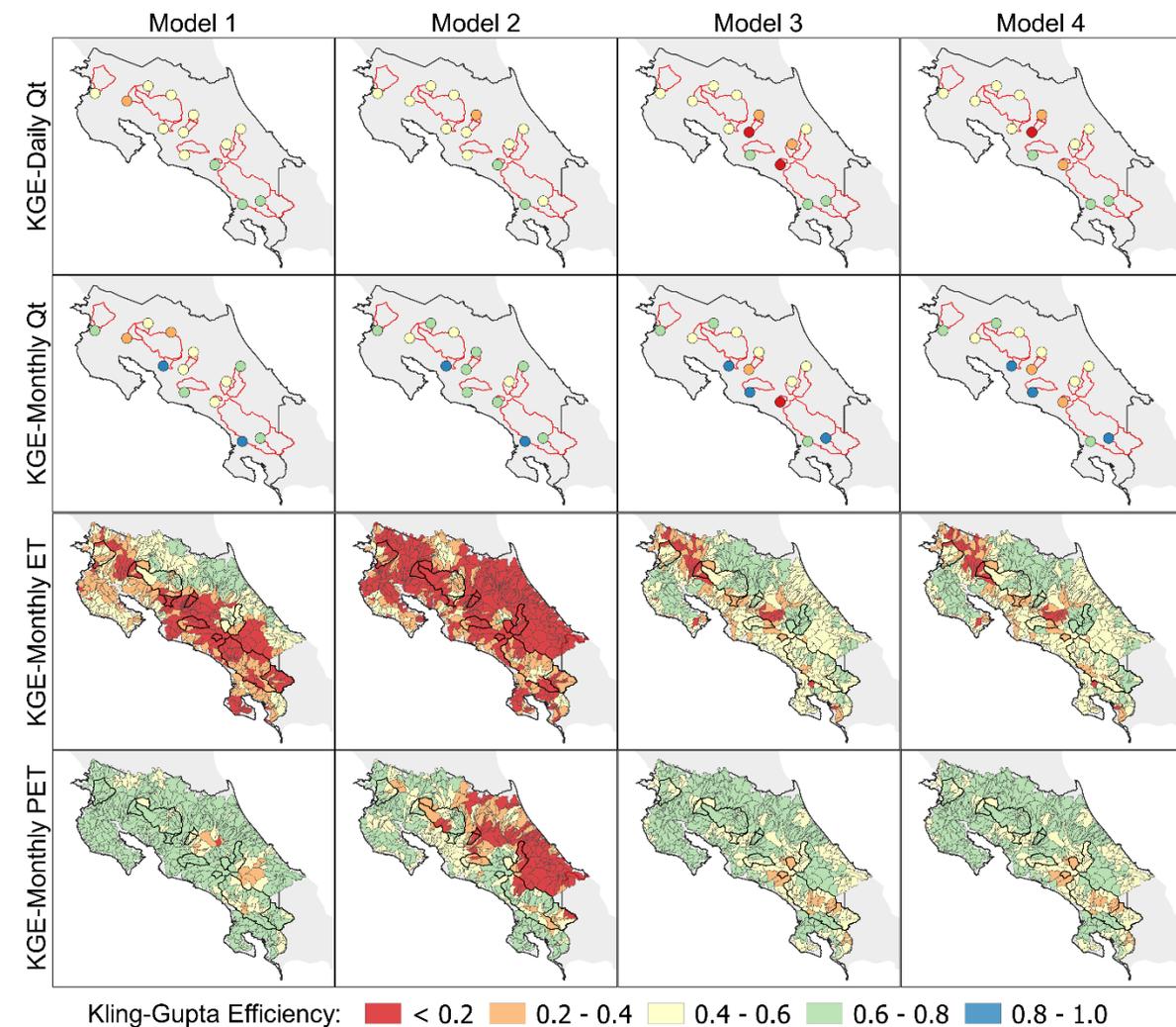
# Aplicación del Modelo HYPE en Costa Rica



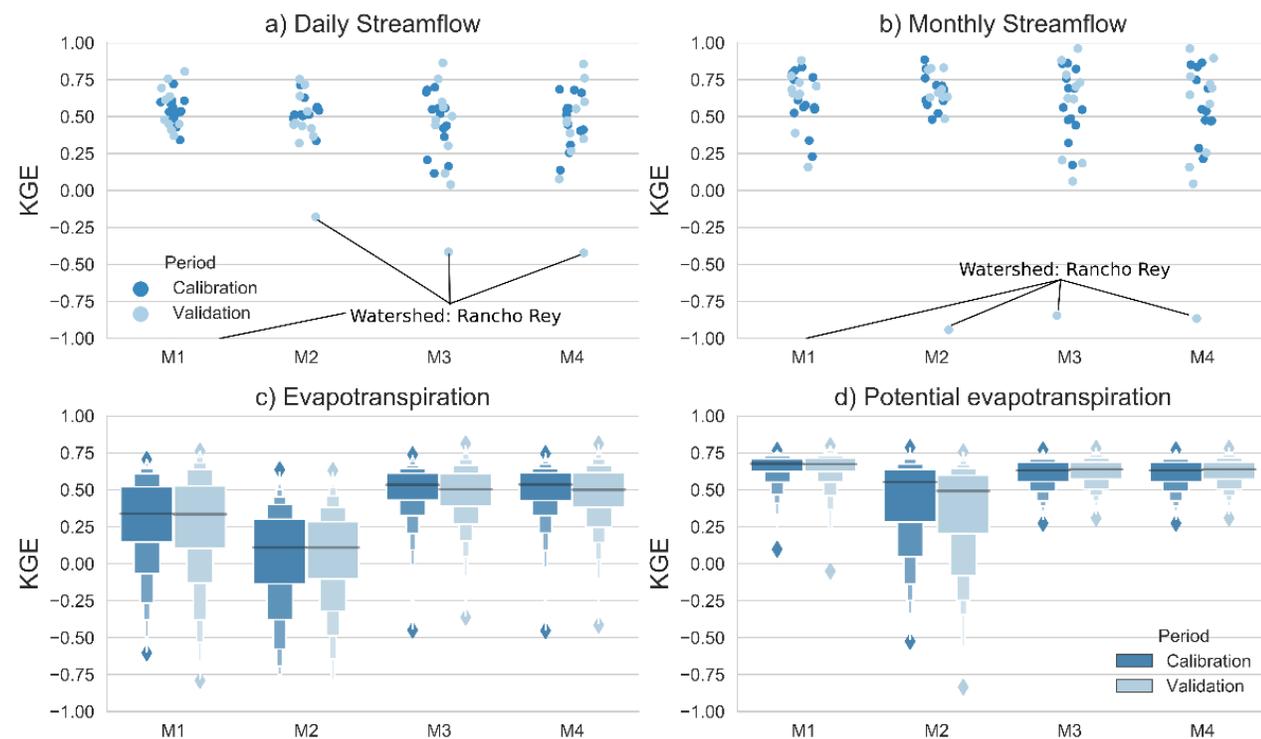
- Periodo de modelación 2000-2014
- Periodos de calibración 2001-2000 (Qt), 2002-2010 (PET, ET)
- Rango de precipitación en Costa Rica 1,200-9,000 y media de ~3,200 mm/año
- Comportamiento hidroclimático complejo.
- Dos comportamientos diferentes en las vertientes Pacífico/Caribe.

# 4

## Aplicación del Modelo HYPE en Costa Rica



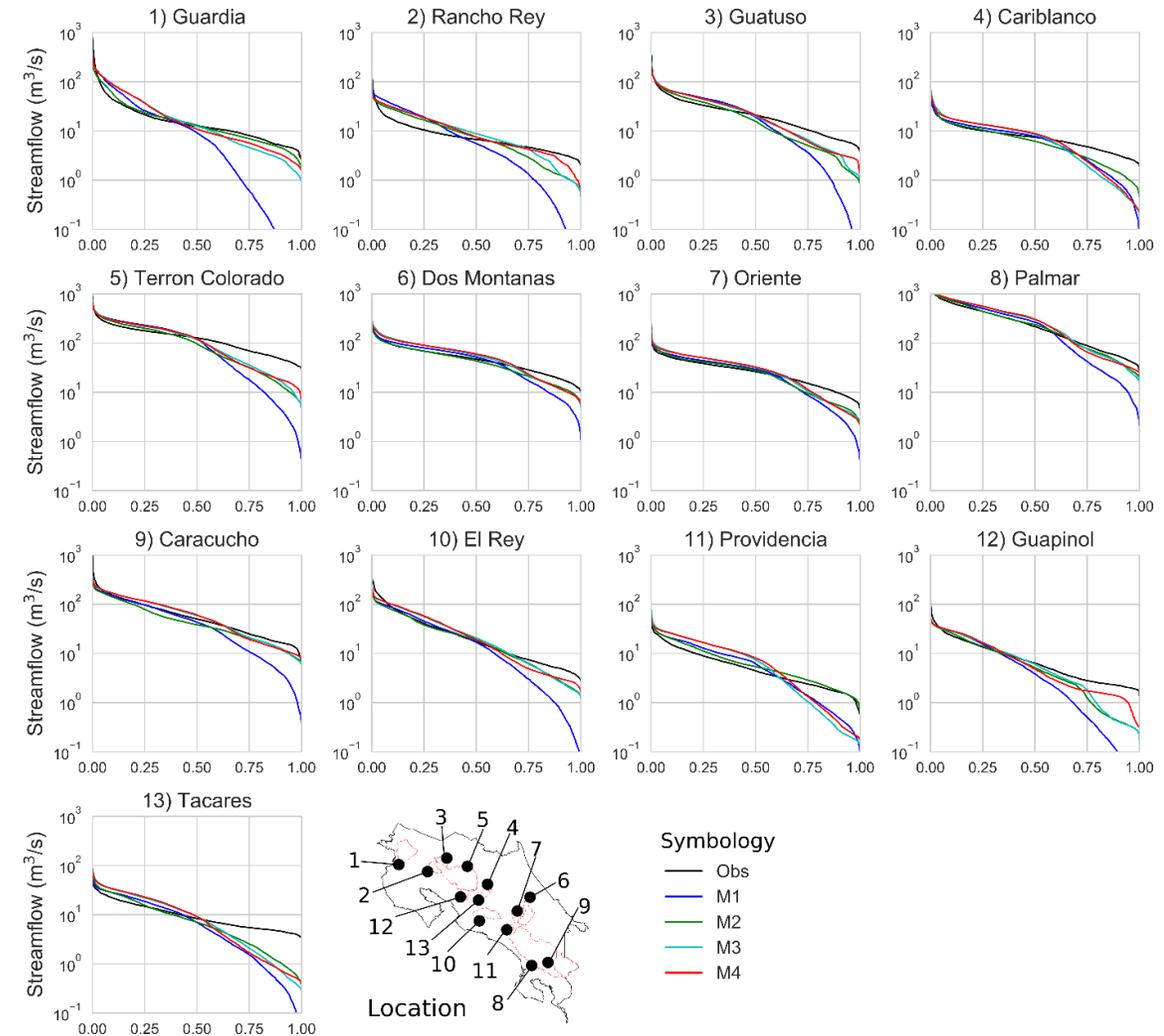
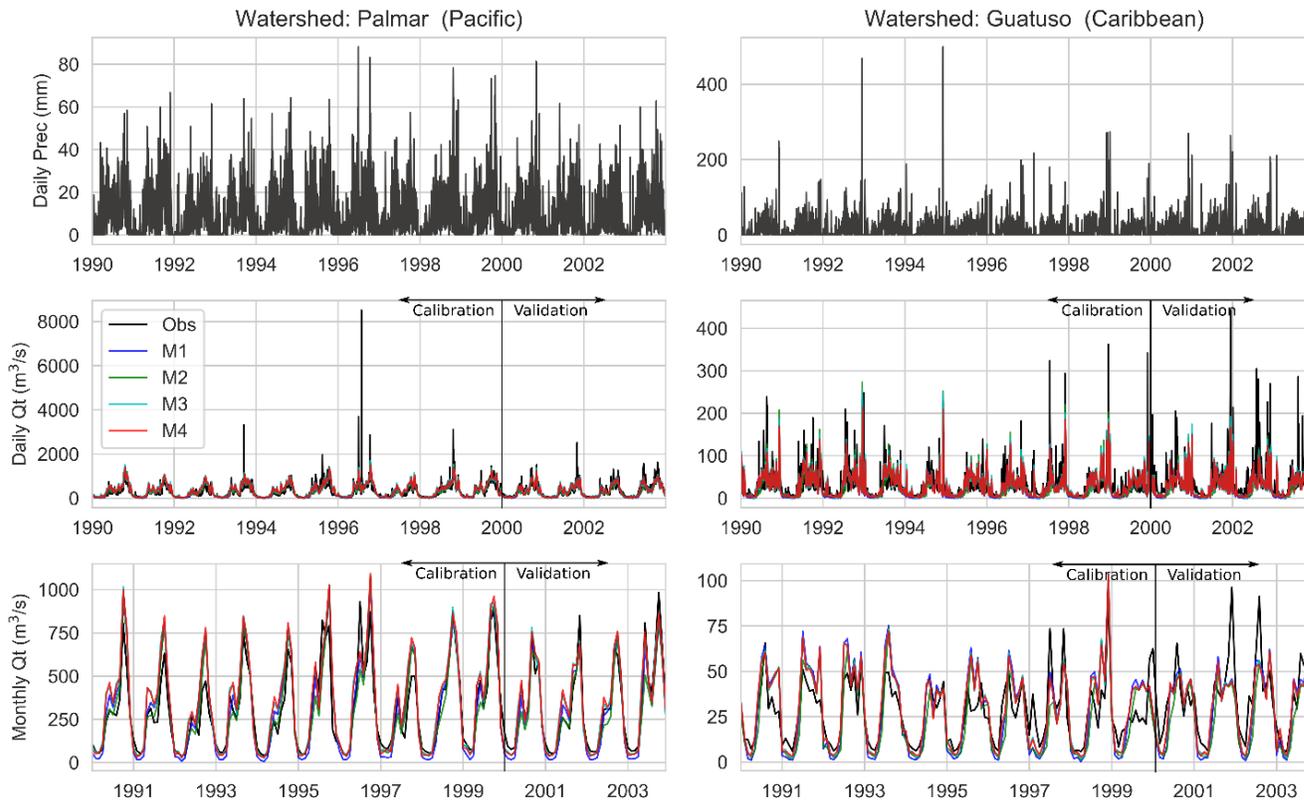
- Modelo de calibración usando  $Q_{tm} + Q_{td}$  genera mejores representaciones de  $Q_t$  obs
- $PET_m + ET_m + Q_{tm} + Q_{td}$  mejora el balance hídrico



# 4

# Aplicación del Modelo HYPE en Costa Rica

- HYPE puede representar de manera aceptable los caudales medios y mínimos.
- CHIRPS tiene problemas para detectar tormentas severas



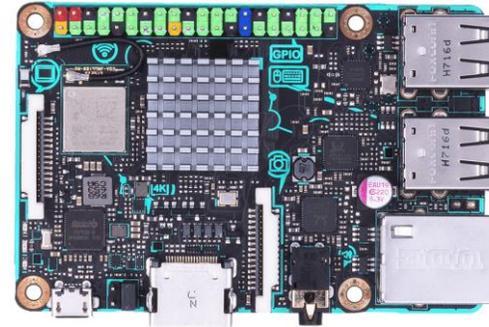
## 5

# Trabajo futuro: Incorporación de Características



Google Earth Engine

- Computo en la Nube
- Catalogo de gran cantidad de bases de datos satelitales
- Aplicaciones:
  - Autocalibración del modelo con PET, ET
  - Autocalibración con niveles de embalses estimados a partir de imágenes satelitales



Microcomputadora  
Single Board Computer  
ASUS Tinker Board

- Hardware de bajo costo (~\$50 dlls)
- Acceso remoto vía SSH y VNC
- Implementación del sistema de pronóstico
- Tiempo de ejecución de modelo HYPE con 605 cuencas y 10 años de registro diario:  
~5 min

# 6

## Conclusiones

- Se presentó la estructura de un modelo de pronóstico hidrológico determinístico a corto plazo (15 días en el futuro) usando herramientas open-source.
- El sistema propuesto pretende incorporar una infraestructura de bajo costo económico, eficiente en costo computacional y bajo consumo de datos para los usuarios finales.
- El sistema pretende utilizar bases de datos globales como forzamientos, por lo que puede aplicarse casi en cualquier parte del mundo.
- El modelo hidrológico operativo implementado (HYPE) permite la calibración multiobjetivo para la predicción en cuencas no aforadas.
- El sistema se encuentra en etapas de desarrollo, pero la eficiencia del modelo HYPE y la estructura base se han probado en Costa Rica, con resultados satisfactorios.

# REFERENCIAS

Arheimer, B., Pimentel, R., Isberg, K., Crochemore, L., Andersson, J. C. M., Hasan, A. And pineda, L.: Global catchment modelling using World-Wide HYPE (WWH), open data and stepwise parameter estimation, *hydrol. Earth syst. Sci. Discuss.*, 1–34, doi:10.5194/hess-2019-111, 2019.

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A. and Michaelsen, J.: The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes, *Sci. Data*, 2, 1–21, doi:10.1038/sdata.2015.66, 2015.

Lindström, G.: Lake water levels for calibration of the S-HYPE model, *Hydrol. Res.*, 47(4), 672–682, doi:10.2166/nh.2016.019, 2016.

Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J. and Berit, A.: Development and testing of the HYPE ( Hydrological Predictions for the Environment ) water quality model for different spatial scales, *Hydrol. Res.*, 4(41.3), 295–319, doi:10.2166/nh.2010.007, 2010.

# GRACIAS POR SU ATENCIÓN

**Saúl Arciniega Esparza**



Twitter

zaul\_arciniega



ResearchGate

Saul\_Arciniega-Esparza

[View publication stats](#)

<https://www.gob.mx/imta>



<https://www.facebook.com/OACG.UCR>

