

Radar de Lluvias en Piura para observar El Niño

Rodolfo Rodríguez, Antonio Mabres, Gaston Cruz, Raúl La Madrid, Ruetger Rollenbeck, Danny Scipión y Yamina Silva.

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura (UDEP), Piura, Perú

Departamento de Geografía de la Universidad de Marburg, Marburg, Alemania

Instituto Geofísico del Perú (IGP)

INTRODUCCIÓN

Piura, es una de las regiones más impactadas por fuertes lluvias y tormentas durante la ocurrencia de un evento El Niño (Rollenbeck, 2015). Los mecanismos de formación, distribución y dinámica de las lluvias en esta región cuentan con poca información. Por ello, no se tiene un algoritmo o modelo que permita estimar la magnitud de las lluvias, la crecida de quebradas, ríos y posibles inundaciones en las cuencas de los ríos Chira y Piura, de tal manera que ayude a mitigar daños y pérdidas en la población.

Eventos de El Niño de extraordinaria magnitud ocurrieron en 1982-1983 y 1997-1998 e impactaron fuertemente a dicha región (Mugica, 1984). La súbita aparición de El Niño costero del 2017, produjo en gran parte de la costa del Perú fuertes lluvias que causaron serios daños en varias regiones costeras, especialmente las del norte. En Piura se dieron fuertes lluvias entre los meses de febrero y marzo de dicho año que causaron la crecida de quebradas y ríos que produjeron inundaciones en pueblos y campos de cultivo (Takahashi, 2017).

El mismo año y después de las emergencias vividas, la Universidad de Piura (UDEP) formuló y ganó el proyecto de equipamiento científico en la convocatoria 04-EC-2017 de INNOVATE PERU (contrato 290-INNOVATE PERU-EC-2017) para la implementación de un radar de lluvias con la finalidad de detectarlas en tiempo real y con buena resolución espacial y temporal, y que se mejore el estudio de su mecanismo de formación, distribución y dinámica en la región Piura. Este proyecto se realizó en colaboración con el Instituto Geofísico del Perú (IGP) e inició en el 2017 y culminó el 2019 con la instalación del radar.

Por su parte el IGP a fines del año 2015, instaló en su sede de Huancayo un radar perfilador de nubes y precipitación en banda Ka (MIRA35C), también con un proyecto de equipamiento científico financiado por INNOVATE PERU. Asimismo, gracias al MIRA 35C se han realizado diversas

investigaciones sobre la dinámica, física y microfísica de las lluvias en los Andes (Martínez-Castro, et al., 2019, Flores et al., 2019, Moya-Álvarez et al., 2018), así como validación de los algoritmos de cuantificación de las lluvias por radar (Valdivia, 2018; Villalobos, 2016) que serán la base para los estudios que se realizarán usando este radar.

PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN RADAR DE LLUVIAS PARA PIURA

Este proyecto de equipamiento científico fue ejecutado por el equipo técnico y científico de la UDEP culminando con la exitosa implementación en abril del 2019 con un radar de lluvias en el campus de la UDEP (05° 10' 14.0" LS; 80° 38' 18.6" LO, 45 m s.n.m.). Este radar es el primero de su categoría que en forma permanente funcionará en nuestro país, tiene un alcance de 100 km y detecta lluvias en gran parte de la región Piura, principalmente en las provincias costeñas de Talara, Paita, Sullana, Piura, Sechura y Morropón, abarcando varias subcuencas y microcuencas de los ríos Chira y Piura (Figura 1).

La detección de lluvias con dicho sistema se realiza en tiempo real y se reporta con buena resolución temporal y espacial, pues lo hace cada 5 minutos y con una resolución espacial de 500 metros en promedio, lo que equivale a tener una red de pluviómetros de 500 metros de distancia promedio entre ellos. Esto permitirá ver la dinámica de desplazamiento de las lluvias y la evolución de sus intensidades en el tiempo.

Además, a corto plazo este sistema funciona como un sistema de alerta temprana que ayudaría a prevenir avenidas e inundaciones y ayudar a localizar emergencias. A largo plazo mejora las observaciones en investigaciones atmosféricas, climáticas e hidrológicas para entender el mecanismo de formación, distribución y dinámica de lluvias regionales.



Figura 1. Mapa de la Región Piura. El círculo de color negro indica el alcance del radar meteorológico, el cual es de 100 km de radio.

El equipo técnico y científico de este proyecto está conformado principalmente por profesores y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UDEP, quienes se vienen capacitando en la implementación de técnicas modernas de observación atmosférica como es la detección remota y en radares para ser aplicadas en investigaciones de áreas como la meteorología e hidrología.

CONFIGURACIÓN DEL RADAR DE LLUVIAS

La infraestructura para el radar de lluvias tiene dos partes bien definidas, una torre metálica y cabina de seguimiento. En la parte superior de la torre metálica de 10 metros de altura se ha instalado una antena parabólica de 1.2 metros de diámetro y la unidad principal de transmisión y recepción, protegidas por un domo semiesférico de fibra de vidrio. Mientras que en la cabina de seguimiento se han instalado los equipos electrónicos del sistema como la unidad interface y las PCs de procesamiento de señales e imágenes (Figura 2).

El software de funcionamiento de este sistema está conformado por dos principales programas que son suministrados por el proveedor de equipamiento:

RainView: Controla el funcionamiento de todo el sistema incluyendo la exhibición en pantalla de los datos en tiempo real.

RainView Analyser: Procesa los datos y permite visualización de los productos.

Entre los productos que se obtienen con dicho software están: (a) Plano indicador de posición (PPI), (b) Velocidad de la lluvia (RR), (c) Precipitación acumulada (PAC), (d) Calibración de lluvia total (RGRT), (e) Acumulación en subcuencas (RSA) y Trayectoria de la lluvia (RTR).



Figura 2. A la izquierda se muestra la torre metálica de 10 metros de altura, con la antena parabólica en su parte superior, y a la derecha la cabina de seguimiento con los equipos electrónicos del radar de lluvias.

PRIMERAS OBSERVACIONES

El radar entró en operación el 4 de abril de 2019, y entre los meses de abril y mayo se hicieron las primeras observaciones comprobando su correcta instalación y funcionamiento. Dado que en esos meses no suele llover en la región de Piura, inicialmente no se detectó reflectividad propiamente de lluvias, en cambio se detectó la reflectividad (clutter) debido a objetivos fijos cercanos (hasta aproximadamente 15 km) a la ubicación de la antena del radar, tales como edificios, torres metálicas, cerros o lomas, tanques de agua, etc., en la ciudad de Piura o cercanos a ella (Figura 3). También, se ha detectado la aproximación de aviones en el aeropuerto de Piura.

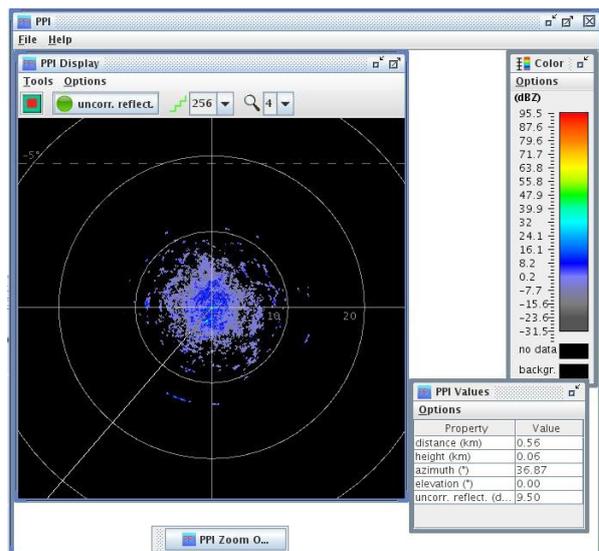


Figura 3. PPI de la reflectividad debido a objetos fijos cercanos detectados por el radar.

La primera detección de lluvia ocurrió el martes 14 de mayo en horas de la mañana. Fueron lluvias de baja intensidad (garúas) que ocurrieron en algunos distritos de la zona costera de Piura (Figura 4).

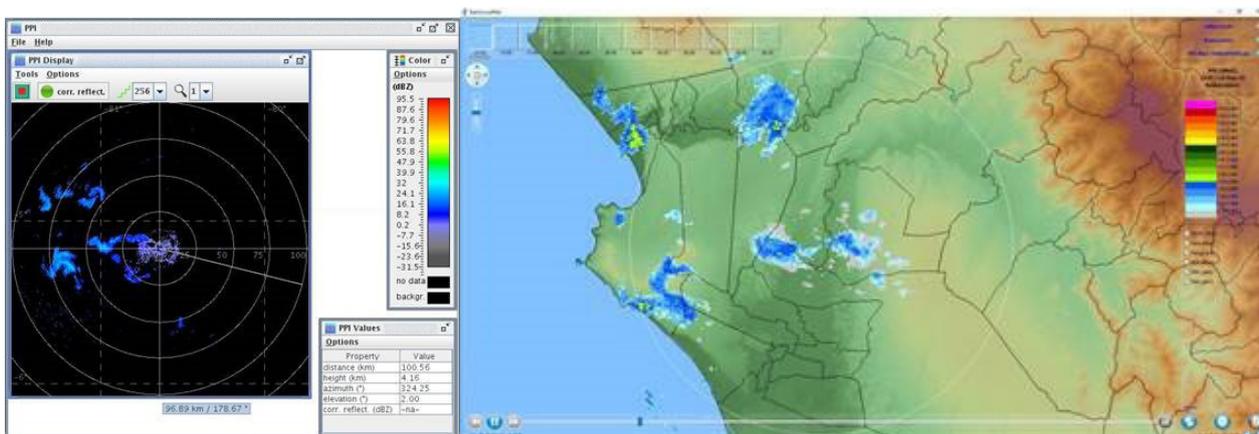


Figura 4. La figura de la izquierda muestra el PPI y la de la derecha la distribución espacial de lluvias de baja intensidad ocurridas el martes 14 de mayo 2019 en la costa de la región Piura.

Según esas primeras observaciones las lluvias se presentaron en algunos poblados de distritos de las provincias costañas de Talara, Sullana, Paita y Piura, observándose también su dinámica con desplazamiento de Este a Oeste.

Con estas primeras observaciones se ha podido comprobar las prestaciones del sistema radar implementado que es una tecnología moderna de medición y detección de los parámetros meteorológicos que los reportan a tiempo real y con los que se mejorarán las investigaciones atmosféricas en la región.

En colaboración con investigadores del Instituto Geofísico del Perú (IGP) y la Universidad de Marburg, se han formulado los siguientes temas de investigaciones:

- Seguimiento espacial y temporal de las precipitaciones en la costa de la región Piura con determinación del efecto orográfico que hace la cordillera de los Andes en su distribución espacial.
- Complementación de medición de lluvias con la red NIÑO5 de estaciones meteorológicas de la región Piura instalada el 2010 para estudios ecológicos y atmosféricos del norte del Perú.
- Constitución de un sistema de alerta temprana de inundaciones y avenidas para la región Piura.
- Estudio del mecanismo de trasvase amazónico a través de los Andes.
- Comprobación de la existencia del Chorro Costero de Baja Altura (CCBA) como un mecanismo de disipación de energía que causa el gradiente eco-climático entre la costa y la sierra de la región Piura.
- Complementación con los radares del sur de Ecuador para conformar una cadena binacional de radares de lluvias para observaciones regionales.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La siguiente tabla resume las especificaciones de los principales componentes del radar de lluvias (Selex, 2019)

Fabricación

País: Alemania
 Marca: Selex
 Modelo: RS120
 Alcance: 100km

Antena

Diámetro: 1.2m
 Ganancia: 38.5 dB
 Lóbulo lateral de elevación: -27dBc
 Anchura de haz de azimut: 2°
 Anchura de haz de elevación: 2°
 Tasa de rotación: 12 r.p.m.
 Precisión de azimut: ±0.5°

Transmisor

Potencia de pico: 25 KW
 Frecuencia: 9410 (±30 MHz)
 Frecuencia de repetición del pulso (PRF): 833 – 1500 Hz
 Duración del pulso: 500 -1200ns
 Longitud del pulso (resolución): 75 – 180 m.

Receptor

Ancho de Banda (1200ns/500ns): 3 MHz / 7 MHz
 Mínima señal detectable: - 100dBm
 Rango dinámico: 70 dB
 Figura de Ruido: 6 dB

Procesador de señales

CPU: Intel Pentium Dual Core
 Sistema operativo: LINUX
 Memoria RAM: 2 GB
 Disco duro: Mínimo 30 GB (rango de temperatura extendido)
 Interfaces: COM1, COM2, Paralel, 4x USB 2.0, PS2
 Interface de red: Ethernet rápida de 100 Mb/s
 Convertidor A/D de radar: 14 bit, 20 MS/s

Transmisor
Potencia de pico: 25 KW Frecuencia: 9410 (±30 MHz) Frecuencia de repetición del pulso (PRF): 833 – 1500 Hz Duración del pulso: 500 -1200ns Longitud del pulso (resolución): 75 – 180 m.
Receptor
Ancho de Banda (1200ns/500ns): 3 MHz / 7 MHz Mínima señal detectable: - 100dBm Rango dinámico: 70 dB Figura de Ruido: 6 dB
Procesador de señales
CPU: Intel Pentium Dual Core Sistema operativo: LINUX Memoria RAM: 2 GB Disco duro: Mínimo 30 GB (rango de temperatura extendido) Interfaces: COM1, COM2, Parallel, 4x USB 2.0, PS2 Interface de red: Ethernet rápida de 100 Mb/s Convertidor A/D de radar: 14 bit, 20 MS/s
Requerimientos de Energía Eléctrica
Radar: 100VA /70W Procesador de señales: 100VA / 90W Potencia total incluido refrigeración y UPS: Max 500 VA / 500W

PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN EN COLABORACIÓN CON EL IGP

El radar de la UDEP permitirá realizar diversas investigaciones, por ejemplo: 1) para evaluar los algoritmos que permita cuantificar las lluvias obtenidas con el radar y del satélite GPM (Global Precipitation Measurement mission), siguiendo los resultados de Valdivia (2018) y Villalobos (2016); 2) estudiar los mecanismos que desencadenan tormentas en la costa norte, siguiendo las metodologías propuestas por Flores et al. (2019) y Kumar et al. (2019), así como la validación de los modelos de pronóstico de lluvias (Moya-Alvarez, et al., 2018). Ello se logrará en estrecha colaboración con los investigadores del IGP.

Es importante dar un agradecimiento muy especial a las entidades que hicieron posible la ejecución de este proyecto. Al programa INNOVATE PERU del Ministerio de la Producción por su apoyo financiero. También a PETROPERU, a la Asociación de Productores y Exportadores de Mango (APEM) y a la Universidad de Marburg de Alemania por su valiosa cooperación.

REFERENCIAS

Flores, J. L., Alvarez, A., Kumar, S., Martínez, D., Villalobos, E., y Silva, Y. (2019). Analysis of Possible Triggering Mechanisms of Severe Thunderstorms in the Tropical Central Andes of Peru, Mantaro Valley. *Atmosphere*, 10 (6), 301.

Kumar, S., Silva-Vidal, Y., Moya-Álvarez, A. S., & Martínez-Castro, D. (2019). Effect of the surface wind flow and topography on precipitating cloud systems over the Andes and associated Amazon basin: GPM observations. *Atmospheric Research*, 225, 193-208.

Daniel Martinez-Castro, Shailendra Kumar, Jose Luis Flores Rojas, Aldo S. Moya-Álvarez, Jairo M. Valdivia Prado, Elver Villalobos Puma. 2019. Sensitivity of cloud microphysics scheme to simulate a convective rainfall event using WRF-ARW over the complex topography of the Andes. *aceptado em Atmosphere*.

Moya-Álvarez, A. S., Martínez-Castro, D., Flores, J. L., y Silva, Y. (2018). Sensitivity study on the influence of parameterization schemes in WRF_ARW model on short- and medium-range precipitation forecasts in the Central Andes of Peru. *Advances in Meteorology*, 2018.

Mugica, R. El fenómeno de El Niño. Piura 1983, Universidad de Piura, 1984.

Rollenbeck, R., Bayer, F., Münchow, J., Richter, M., Rodriguez, R., & Atarama, N (2015). Climatic cycles and gradients of the El Niño core region in North Peru. *Advances in Meteorology*, 2015, 10. <https://doi.org/10.1155/2015/750181>

Selex ES GmbH. Gematronik Weather Radar System, Operating and Service manual, 2019.

Valdivia, J., 2018. Cuantificación de Lluvias usando el Radar Perfilador de Banda Ka MIRA 35C. Tesis para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Perú. Disponible en <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/4276>

Villalobos, E., 2016: Validación del algoritmo de estimación de precipitación del radar de frecuencia dual (DPR) abordo del satélite GPM, usando datos de precipitación in situ sobre el valle del río Mantaro. Tesis para obtener el título de Licenciado en Física de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Disponible en <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/926>.

Takahashi, K. (2017). Fenómeno El Niño: "Global" vs "Costero." *Avances En La Ciencia Del El Niño: Colección de Artículos de Divulgacion Científica* 2017, 4(4), 4–7.