



## PROCESAMIENTO DE IMÁGENES INFRARROJAS GOES-8 PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TASA DE LLUVIA DIARIA SOBRE PERU

O. Fashé Raymundo <sup>a\*</sup> y J. Rojas Acuña <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratorio de Teledetección, Departamento de Física Interdisciplinaria, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Ap. Postal 14-0149, Lima 14, Perú.

---

### Abstract

We show the processing made to thermal infrared images (10.20 to 11.20  $\mu\text{m}$ ) of geostationary satellite GOES 8. The study region is located in the area between: 0° to 18° S of latitude and 83° W to 65° W of longitude that corresponds to Peru. The data images have binary tiff format (8 bits). Pixels have a space resolution of 4.0 km and it is considered that 110 km are equal to one degree in the geographic equator. This process is applied to GOES-8 images of January month of 2002 year and we use a physical - mathematical technique (Convective Stratiform Technique, CST) for obtaining convective and stratiform rain. We show our results, making an analysis of the RMSD and BIAS found.

PACS: 07.57.-c; 07.87.+v; 92.40.eg

**Keywords:** Thermic infrared, Satellite GOES-8, Peru, Convective and Stratiform Rain, Convective Stratiform Technique.

---

### Resumen

Se presenta el procesamiento realizado a las imágenes infrarrojas térmicas (10.20 a 11.20  $\mu\text{m}$ ) del satélite geoestacionario GOES 8. La región de estudio se ubica en el área comprendida entre: 0° a 18° S de latitud y 83° W a 65° W de longitud, que corresponde a Perú. Los datos imágenes se encuentran en formato tiff binario (8 bit). Los píxeles tienen una resolución espacial de 4.0 km y se considera que 110 km es igual a un grado en el ecuador geográfico. Este proceso es aplicado a imágenes GOES-8 del mes de enero del año 2002 y se usa una técnica físico - matemática (Convective Stratiform Technique, CST) para la obtención de lluvia convectiva y estratiforme. Se presentan los resultados, haciéndose un análisis del RMSD y BIAS encontrados.

**Palabras claves:** Infrarrojo Térmico, Satélite GOES-8, Perú, Lluvia convectiva y estratiforme, Técnica Convectiva Estratiforme.

---

### 1. Introducción

La estimación de la cantidad de lluvia, en una región de interés o estudio, usando imágenes de satélites es de suma importancia para los estudios de meteorología, hidrología, climatología de lluvias, etc. Esta información es crítica para comprender el balance hidrológico sobre una escala global y en el entendimiento de las complejas interacciones entre las componentes dentro del ciclo hidrológico [1], [2]. El presente trabajo tiene por objetivo mostrar el procesamiento digital de imágenes y los resultados obtenidos en la estimación de la lluvia mensual para el mes de enero del 2002. Este es un mes y año de importancia relevante pues se considera un periodo

de Niño Débil a Moderado [3]. Se utilizaron datos imágenes del satélite geoestacionario GOES-8 (enero del 2002). Estas imágenes fueron proporcionadas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y obtenidas del archivo de la Remote Sensing Data (RSD) de la NASA - Goddard Space Flight Center (GSFC). Para el análisis de los estimados de lluvia, se utilizaron datos de pluviómetros obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú (SENAMHI) para el mes de enero del 2002 [4]. Los resultados muestran que la mas alta correlación entre los estimados con el GOES-8 y los datos de pluviómetro se presentan en la selva peruana con un BIAS que representa el -31.3 % del valor medio medido en pluviómetro.

---

\* Corresponding author. e-mail: [ofasher@unmsm.edu.pe](mailto:ofasher@unmsm.edu.pe)

**2. Región de Estudio, Datos y Metodología**

La región de estudio se encuentra sobre Perú en las coordenadas geográficas de 0° a -18.7 latitud y -83.90° a -64.72° longitud. El presente trabajo utiliza datos imágenes de la banda 4 del satélite GOES8, que tiene una resolución espacial de 4 km x 4 km en el nadir y una intervalo espectral de 10.20 a 11.20 μm. La resolución temporal permite la obtención de una imagen cada 30 minutos sobre Perú. Estos datos imágenes pertenecen al verano del 2002 (enero). Las imágenes GOES-8 fueron proporcionadas por el IGP y obtenidas del portal WEB de la RSD. Las Fig. 1 y 2, muestran la forma de obtener estos datos imágenes.

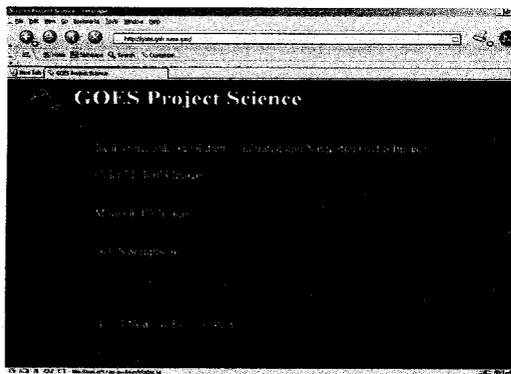


Fig. 1. Portal Web de la RSD. (<http://goes.gsfc.nasa.gov>)

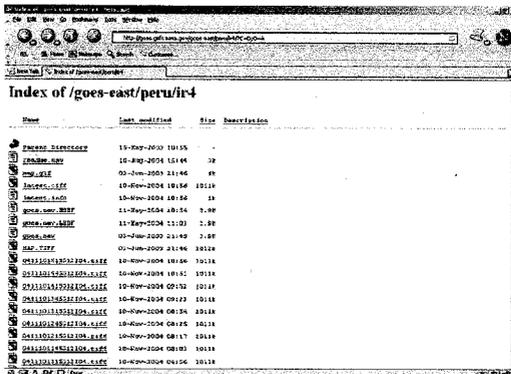


Fig. 2. Obtención de las imágenes GOES. (<http://goes.gsfc.nasa.gov>)

Un ejemplo de las imágenes obtenidas es como las mostradas en la Fig. 3, que fue obtenida en febrero del 2004. Para propósitos de visualización se realiza un realce radiométrico sobre estas imágenes utilizando la ecuación (1) [5] (Fig. 4). Esto permite obtener una imagen como la mostrada en la Fig. 5.

$$NV = \frac{y_2}{x_2 - x_1} ND - \frac{x_1 y_2}{x_2 - x_1} \tag{1}$$

donde NV nos indica el nivel visual, ND el nivel digital (que tiene un rango de 0 a 255 en una imagen de 8 bits),  $y_2$  es el máximo valor digital para el que se realiza el realce y  $x_1$  y  $x_2$  representan respectivamente los valores de realce mínimo y máximo.

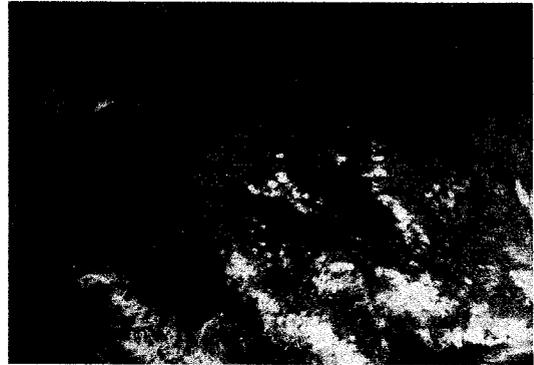


Fig. 3. Imagen GOES12, 8 Febrero del 2004.

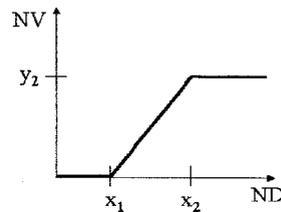


Fig. 4. Esquema del realce radiométrico.

La obtención de la temperatura de brillo [6] es necesaria para la estimación de la lluvia [7] y se realiza a partir de las imágenes en 8bit (Fig. 5) y utilizar una tabla de asignación de valores (LUT) [6], como se muestra en la Tabla 1.

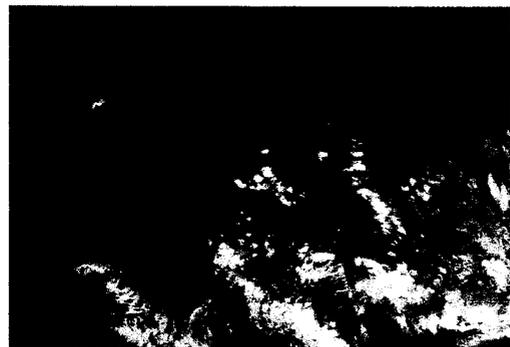


Fig. 5. Imagen GOES12 con realce radiométrico, 8 Febrero del 2004.

Tabla 1 Conversión bi-lineal. Fórmulas Inversas. [4]

Cuentas de 8 bit	Fórmula Inversa
176 a 255	$T(K) = 418 - C_a$
0 a 176	$T(K) = (660 - C_a)/2$

Para el análisis de las estimaciones de la tasa de

lluvia en enero del 2002, se han utilizado 1212 imágenes. Las mediciones estadísticas usadas entre los estimados de tasa de lluvia con las imágenes IR GOES8 contra los datos de pluviómetros son: la lluvia promedio medida en pluviómetros, la lluvia promedio estimada con satélite, el error de sesgo (BIAS), el RMSD y el coeficiente de correlación (r) [8, 9] (ecuaciones (2)).

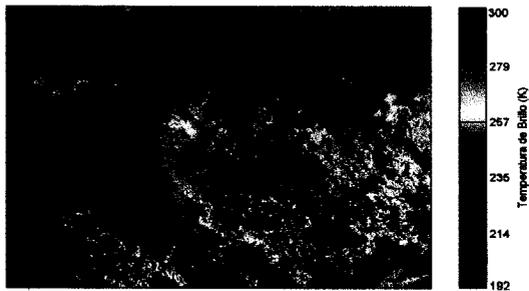


Fig. 6. Estimación de la Temperatura de Brillo, 8 Febrero del 2004.

$$\bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^N G_i}{N}, \quad \bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{N}, \quad \text{BIAS} = \bar{S} - \bar{G}, \quad \text{RMSD} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - G_i)^2} \quad (2)$$

donde  $G_i$  representan los datos de lluvia mensual medida en pluviómetros, y  $S_i$  representan los datos coincidentes, en latitud y longitud, de lluvia estimada en una imagen de lluvia mensual GOES.  $N$  es el número de datos utilizados para el estimado mensual de lluvia.

La técnica utilizada es la propuesta por Negri y col. [5] denominada Técnica Convectiva Estratiforme calibrada con el TMI (Convective Stratiform Technique, CST/TMI). Esta técnica utiliza dos tasas de lluvia, una convectiva de 18.9 mm/h y otra estratiforme de 2.6 mm/h. La técnica usada encuentra los valores digitales mínimos locales, en las imágenes del infrarrojo térmico. El algoritmo usado decide si estos tienen características convectivas, asigna un área de lluvia y una cantidad de lluvia a dicha área. Seguidamente, se define un área de lluvia estratiforme, y una cantidad de lluvia pequeña es asignada a aquellos píxeles que tienen temperatura de brillo más bajos (más fríos) que un umbral IR estratiforme y que no han sido asignados como lluvia convectiva.

### 3. Resultado

La Fig. 7 muestra el estimado mensual para enero del 2002. Se puede apreciar la formación de líneas de chubascos a través de la cordillera sur de los andes peruanos. Estas fueron reportadas por Negri [7] como parte de su estudio del ciclo diario de las lluvias sobre la amazonía. De igual manera, estas líneas de

chubascos son observadas por Negri, [10] como parte de un análisis de la climatología regional sudamericana.

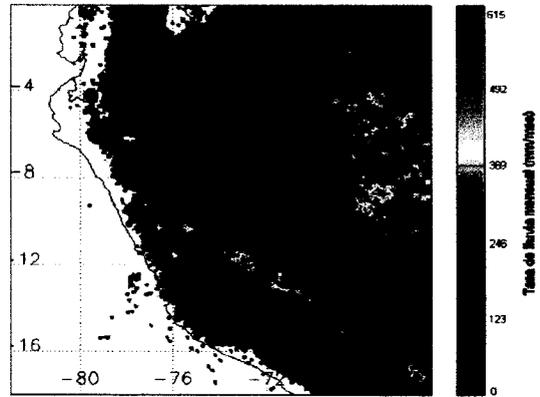


Fig. 7. Estimación de la tasa de lluvia mensual en el mes de enero del 2002.

El análisis estadístico entre la tasa de lluvia obtenidos con GOES8 (enero del 2002) y los datos de pluviómetros se muestran en la tabla 2. Se observa que la mas alta correlación se obtiene en la selva peruana (0.90) con un BIAS igual a -71.29 mm, que representa el -31.3 % de la media medida en pluviómetros para dicho mes. Sin embargo, es la sierra peruana la que obtiene el mínimo error de sesgo (BIAS). Las Fig. 8 y 9 muestran los análisis mencionados.

Tabla 2. Análisis para el mes de Febrero del 2002 entre las mediciones *In Situ* con los estimados con el GOES8

	Media GOES 8(mm)	Media Pluviómetro (mm)	BIAS (mm)	RMSD (mm)	r
Total	103.30	139.75	-36.72	84.54	0.84
Sierra	49.61	51.75	-2.14	61.10	-0.01
Selva	156.46	227.75	-71.29	102.77	0.90

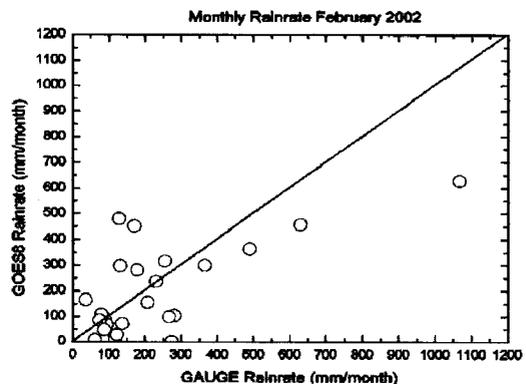


Fig. 8. Gráfica de dispersión entre los estimados GOES8 y las mediciones en pluviómetros

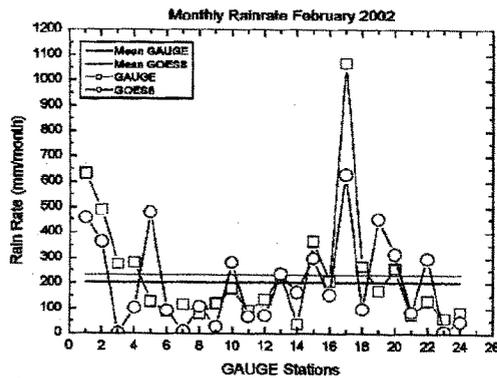


Fig. 9. Lluvia estimada y medida en pluviómetros, se muestran los valores medios totales.

#### 4. Conclusiones

Se ha presentado el esquema de trabajo para la obtención de imágenes de lluvia mensual utilizando una técnica físico - matemática, así como el mejoramiento de las imágenes para su presentación. Un análisis de los resultados obtenidos, a partir de la aplicación de la técnica sobre las imágenes GOES-8 del mes de enero del 2002, muestra que las tasas de lluvia mensuales estimadas con el GOES8 y los medidos en pluviómetros presentan una alta correlación sobre la región de la selva peruana, mientras que la sierra peruana muestra los menores errores de sesgo (BIAS).

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) del Perú, por el

apoyo brindado. The authors wish also to thank to Andrew J. Negri from Laboratory for Atmospheres (NASA, GSFC), and to Dr. Liming Xu Department of Hydrology and Water Resources (University Arizona) for providing the CST source code.

#### Referencias

- [1] S. Curtis, G. J. Huffman, R. F. Adler, *Geoph. Res. Lett.* 29 (10), (2002) 1441, doi:10.1029/2001 GL013399.
- [2] R. F. Adler, G. J. Huffman, D. T. Bolvin, S. Curtis, E. J. Nelkin, *J. Appl. Meteor.* 39, (2000) 2007-2023.
- [3] K. Takahashi, *Ann. Geoph.*, Vol. 22, (2004) 3917-3926.
- [4] Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú (SENAMHI), Año II, N° 1, (2002) Enero.
- [5] R. A. Schowengerdt, Academic Press, (1997) 522 pp.
- [6] D. W. Hillger, *NESDIS* 93, June, (1999) 34 p.
- [7] A. J. Negri, L. Xu, R. F. Adler, *J. Geoph. Res.* 107 [D20], (2002) 8048-8062.
- [8] R. F. Adler, A. J. Negri, *J. Appl. Meteor.*, 27, (1988) 30 - 51.
- [9] M. B. Ba, and A. Gruber, *J. Appl. Meteor.* 40, (2001) 1500 - 1514.
- [10] A. J. Negri, R. F. Adler, E. J. Nelkin, G. J. Huffman, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 75, (1994) 1165 - 1182.