

ESTUDIO DE LA CANTIDAD DE LLUVIA SOBRE PERÚ EN ABRIL DEL 2002 CON IMÁGENES DIGITALES DEL SATÉLITE GOES-8

Octavio Fashé Raymundo(*), Joel Rojas Acuña(*), Carlos Eche Llenque(*)
ofasher@unmsm.edu.pe

(*) Laboratorio de Teledetección. Departamento de Física Interdisciplinaria, FCF - UNMSM.

RESUMEN

El propósito del presente trabajo es realizar un estudio de la cantidad de lluvia sobre Perú, implementando la Técnica Convectiva Estratiforme, la cual hace uso de la banda infrarroja térmica 4 de las imágenes GOES - 8. Se presenta una aplicación de la técnica, a los días de lluvia intensa ocurridas en el mes de abril del año 2002, que abarca el área comprendida entre 0-18 S y 83-65 W. Se presenta, además, un análisis de las imágenes TRMM registradas en las fechas antes mencionadas, para propósitos de futura validación de los estimados de lluvia. Los resultados del estudio de la tasa de lluvia se presentan en acumulados horarios y diarios en mm/h. Los días 5, 6, 7 y 8 de abril tienen acumulados máximos diarios de 144 mm/h, 72 mm/h, 192 mm/h y 192 mm/h, respectivamente. El estudio revela que, promediando los cuatro días de estudio, las lluvias convectivas abarcan el 22.45 % del área total de la lluvia aportando el 72.03 % del volumen total de la lluvia.

ABSTRACT

The purpose of this work is to make a study of rain rate over Peru, implementing the Convective Stratiform Technique, who use the thermal infrared channel 4 of GOES-8 image data. We show an application of the technique to strong rainfall days on April month 2002 year, over the study region between 0 - 18 S and 83 - 65 W. Also, we show a TRMM images analysis, recorded in the mentioned dates, to future rain validation purposes. The results of the rain rate study are showed in hourly and daily accumulates in mm/h. The days 5th, 6th, 7th and 8th April have maxima daily accumulated of 144 mm/h, 72 mm/h, 192 mm/h y 192 mm/h, respectively. The estimates show that, averaging the four days of the study, the convective rain cover the 22.45 % of the total rain area while accounting for 72.03 % of the total rain volume.

Palabras Claves: Temperatura de Brillo, Lluvia Convectiva, Lluvia Estratiforme, Área lluvia, Técnica Convectiva Estratiforme.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la cantidad de lluvia, así como su estimación, usando imágenes de satélites es de gran importancia para: Meteorología, hidrología, climatología de lluvias sobre el continente y el océano; así también como para los agentes productivos y población en general. Dichos estimados debido a la alta resolución temporal de las imágenes así como a las extensas áreas que ellas cubren, hacen que estas complementen de manera óptima al tradicional registro de lluvias haciendo uso de pluviómetros.

Estudios de la cantidad de lluvia y su estimación sobre Perú han sido realizados por algunos científicos como parte de los estudios relacionados con el Fenómeno El Niño (Bendix 1997 y Bendix 2000), y estudios de la variabilidad diurna de las lluvias sobre la cuenca del Amazonas (Negri y col., 2002), siendo este el trabajo en el que se usó la Técnica Convectiva Estratiforme (Convective Stratiform Technique, CST) desarrollada, por Adler y Negri (Adler y Negri 1988), posteriormente calibrada con datos del satélite TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) (Negri *et alii*. 2002). Esta técnica utiliza dos tasas de lluvia, una convectiva y la otra

estratiforme lo cual hace que, la misma, resulte simple y eficiente.

En el presente trabajo, se utilizaron los datos imágenes del satélite GOES-8 (Geostationary Operational Environmental Satellite - 8) en la banda infrarroja térmica, con formato de 8 bit, las que fueron proporcionadas por el Instituto Geofísico del Perú. Para propósitos de validación de los estimados de lluvia, se utilizarán los datos imágenes del satélite TRMM de administración conjunta entre la NASA y la NASDA. Los resultados obtenidos están referidos a los días 5, 6, 7 y 8 del mes de abril del año 2002, cuya tasa de lluvia acumulada presentan máximos entre las 19:00 a 22:00 GMT. Las áreas de lluvia máxima, son proporcionadas por las nubes que han sido clasificadas como estratiformes, así también, se determinó que son las lluvias convectivas las que aportan el 70.02 % del total de lluvias.

METODOLOGÍA, REGIÓN DE ESTUDIO Y DATOS.

El algoritmo desarrollado por Adler y Negri (Adler y Negri 1988), mejorado por Negri (Negri *et alii.* 2002) utiliza un proceso de recalibración entre los parámetros de la técnica original con estimados de lluvia coincidente derivados de la aplicación del algoritmo Goddard Profiling (GPROF) (Kummerow y Giglio 1994), a datos de temperatura de brillo del sensor TMI a bordo del TRMM. Negri, usó un algoritmo mejorado para la división entre lluvia convectiva y estratiforme en el GPROF descrita por Olson (Olson *et alii.* 2001). El algoritmo, considerando su respectiva recalibración, realiza las siguientes tareas:

Determinación de centros convectivos sobre las imágenes digitales: Identifica los puntos o píxeles de temperatura local mínima (T_{min}). Luego calcula la desviación de la T_{min} con respecto a la temperatura de fondo (definida como la temperatura promedio de los ocho píxeles circundantes al T_{min}). Determinación del área de la lluvia convectiva asignada a cada T_{min} : Como parte de la recalibración Negri, cálculo la constante de proporcionalidad α entre el área convectiva total hecha por los datos TMI y el parámetro $\Sigma(T_{nube} - T_{min})$. Dado un T_{min} convectivo, $\alpha \cdot (T_{nube} - T_{min})$ es el número de píxeles para los que se asigna una tasa de lluvia convectiva centrada en T_{min} . El umbral comúnmente usado para las nubes convectivas es $T_{nube} = 253$ K

Determinación de la tasa promedio de lluvias convectivas: Negri, estableció una tasa de lluvia convectiva de 18.9 mm h^{-1} que es igual a la obtenida por el algoritmo GPROF. Determinación de la temperatura umbral para definir el área de lluvia estratiforme: Se escoge un umbral de tal manera que la temperatura de brillo total de nubes sea mas fría que dicho umbral (excluyendo a aquellos píxeles ya asignados como lluvia convectiva) el cual es igual al área de lluvia estratiforme obtenida por la TMI/GPROF. Este umbral es igual a 219 K. Determinación de la tasa promedio de la lluvia estratiforme: Como es el caso de la determinación de la tasa promedio de la lluvia convectiva, se usa el valor calculado por la TMI/GPROF para la tasa promedio de la lluvia estratiforme que es 2.6 mm/h.

Los datos utilizados para el presente trabajo pertenecen al satélite GOES-8 y al satélite de órbita polar TRMM. La región de estudio se encuentra localizada sobre todo el Perú en las coordenadas geográficas siguientes (tabla 1):

Tabla 1

	LAT	LON
Esquina superior izquierda	0.00	-83.90
Esquina inferior derecha	-18.79	-64.72

Estos datos imágenes pertenecen a los días 5, 6, 7 y 8 de abril del 2002, en los cuales se registraron intensas lluvias, entre las 0:45 GMT y las 23:45 GMT. Los datos imágenes del satélite GOES-8, son recepcionados en el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y los datos imágenes del satélite TRMM son obtenidos vía ftp (File Transfer Protocol) desde las instalaciones de la Goddard Space Flight Center en Maryland, EE.UU.

Datos imágenes GOES-8 y TRMM

Se han utilizado los datos imágenes de la banda infrarroja térmica 4 del satélite GOES-8, que tiene una resolución espacial de 4 km x 4 km en el nadir y una resolución espectral de 10.20 a 11.20 μm . La resolución temporal permite la obtención de una imagen cada 30 minutos sobre Perú. Los datos imágenes TRMM usados, pertenecen al dispositivo PR (*Precipitation Radar*). Los datos se encuentran

en el formato Level 1A y están almacenados en el algoritmo 2A25 = PR, Rain and Water Content Properties.

RESULTADOS

Tasa de lluvia para los días 5, 6, 7 y 8 de abril del 2002

La figura 1, muestra imágenes del acumulado diario de la tasa de lluvia durante los días 5, 6, 7 y 8, para los cuales se obtuvieron valores de precipitación máxima acumulada de 144 mm/h, 72 mm/h, 192 mm/h y 192 mm/h, respectivamente.

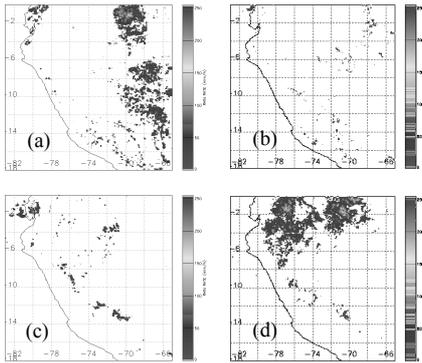


Figura 1.- La tasa de lluvia acumulada diaria sobre Perú para los días (a) 5 de abril, (b) 6 de abril, (c) 7 de abril y (d) 8 de abril del 2002.

Área y tasa de lluvia

La variabilidad del porcentaje del área total de estudio, que ha sido cubierta por lluvias clasificadas como convectivas y estratiformes para cada día (figura 2). Se observa en los cuatro días de estudio, que las áreas máximas de precipitación se generan entre las 19:00 GMT a las 22:00 GMT.

Se presenta la variabilidad del porcentaje aportado por las lluvias convectivas y estratiformes al acumulado de los cuatro días de estudio (figura 3). Se muestra, además, que las lluvias clasificadas como convectivas son las que aportan mayores tasas de lluvia entre las 8:00 GMT y las 15:00 GMT.

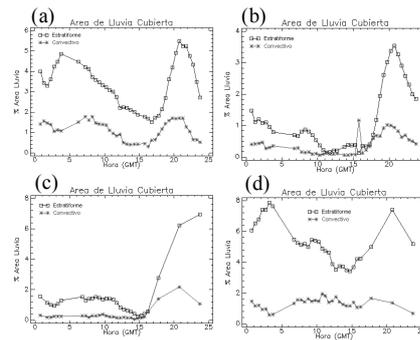


Figura 2.- Variabilidad del porcentaje del área de estudio cubierta por lluvias convectivas y estratiformes para los días (a) 5 de abril, (b) 6 de abril, (c) 7 de abril y (d) 8 de abril del 2002.

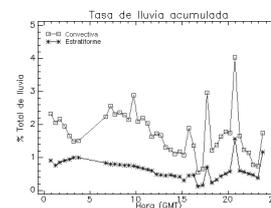


Figura 3.- Variabilidad porcentual de contribución de las lluvias convectivas y estratiformes.

Uso de las Imágenes TRMM 2A25 para la validación de la cantidad de lluvia obtenida por el satélite GOES-8.

Se presentan dos imágenes (figura 4a y 4b), la primera (figura 4a) representa la aplicación instantánea de la técnica usada en el presente trabajo. La misma pertenece al día 5 de abril del 2002 a las 20:45 GMT. Se muestra en él que la tasa de lluvia para los pixeles clasificados como lluvia convectiva tienen una asignación aproximada de 19 mm/h cuyo aporte es mínimo en el área de lluvia total, mientras que los asignados como lluvia estratiforme tienen una asignación aproximada de 2 mm/h y contribuyen con una mayor área de lluvia.

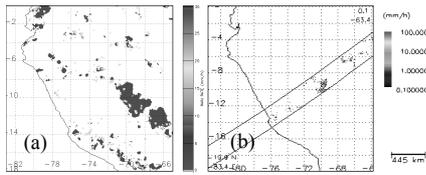


Figura 4.- (a) Ejemplo de la aplicación instantánea de la técnica CST. (b) Imagen del estimados de tasa de lluvia desde el radar TRMM algoritmo 2A25.

La imagen (figura 4b) muestra la órbita del satélite TRMM que coincide aproximadamente en resolución temporal con la imagen GOES (figura 4a). El tiempo de barrido sobre el área de estudio, de la órbita del satélite TRMM, se inició a las 20:44 GMT y finalizó a las 20:50 GMT. Se observa coincidencia en la tasa de lluvia y una menor asignación del área de lluvia total con relación a la imagen GOES (figura 4a).

CONCLUSIONES

Se presentan los resultados del uso e implementación de la Técnica Convectiva Estratiforme aplicadas al Perú, para el estudio de la tasa de lluvia. Se observó que, durante los cuatro días de estudio, las tasas de precipitación máximas se produjeron entre las 19:00 GMT y 22:00 GMT, coincidiendo con los reportes sobre variabilidad diurna de las lluvias en Sudamérica, realizadas por Negri (Negri *et alii*. 2002). Se estimó el área y la cantidad de lluvia aportada por las lluvias convectivas y estratiformes, revelando estas que, en promedio, las lluvias convectivas abarcaron un 22.45% del total del área de lluvia, mientras que aportaron el 74.04% de la cantidad total de lluvia sobre los cuatro días de estudio. Se presentó el uso instantáneo de la técnica CST aplicada a Perú y la comparación respecto de los cálculos realizados por el dispositivo PR del satélite TRMM. Se observó un acierto en la tasa de lluvia y una mayor asignación al área de lluvia total.

BIBLIOGRAFIA

Adler, R. F. and Negri, A. J. 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *Journal of Applied Meteorology*, 27, 30-51.

Bendix, J., 1997. Adjustment of the Convective-Stratiform Technique (CST) to estimate 1991/93 El Niño rainfall distribution in Ecuador and Peru by means of Meteosat-3 IR data. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 1387-1394.

Bendix, J., 2000. Precipitation dynamics in Ecuador and northern Peru during the 1991/92 El Niño: a remote sensing perspective. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 533-548.

Kummerow, C. and L. Giglio, 1994. A passive microwave technique for estimating rainfall and vertical structure information from space, Part I: algorithm description. *Journal of Applied Meteorology*, 33,3-18.

Negri, A. J., Xu, L. and Adler, R. F. 2002. A TRMM-Calibrated infrared rainfall algorithm applied over Brazil. *Journal of Geophysical Research*. In Press to the special issue on LBA.

Olson, W. S., Hong, Y., Kummerow, C. D. and Turk, J. 2001. A texture-Polarization method for estimating Convective/Stratiform precipitation area coverage from passive microwave radiometer data. *Journal of Applied Meteorology*, 40, 9, 1577-1591.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Los autores agradecen al IGP y en forma especial al Dr. Pablo Lagos por el suministro de los datos imágenes del satélite GOES-8. Los autores agradecen a Andrew J. Negri (NASA, GSFC) y Liming Xu (University Arizona) por proporcionar el código fuente de la original CST y por sus valiosa ayuda y consejos para hacer la estimación de lluvias sobre Perú. Deseamos agradecer a Don Hillger del Regional and Mesoscale Meteorology (RAMM) Team por su valiosa ayuda en el inicio de este trabajo con muchos programas para entender y visualizar las imágenes GOES-8. Thank to the Goddard Earth Sciences Distributed Active Archive Center (GES DAAC) at the Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, for archived and distributed the TRMM data in their present form.