

boletín ambiental

Abril de 2016

Instituto de Estudios Ambientales IDEA **129**

Análisis de las Señales de un Radar Pluviométrico Experimental



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES

Análisis de las Señales de un Radar Pluviométrico Experimental

STHEFANÍA GRAJALES, LILIANA ROMO-MELO, JORGE JULIÁN VÉLEZ, JORGE HERNÁN ESTRADA
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental, IDEA.
sgrajalesn@unal.edu.co, lmromom@unal.edu.co, jhestradae@unal.edu.co, jjvelezu@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

Manizales ha sido históricamente una ciudad propensa a sufrir deslizamientos de tierra. Su topografía con pendientes fuertes, sus suelos de ceniza volcánica y su régimen de lluvias, la convierten en un escenario propicio para los deslizamientos asociados a fuertes lluvias. Esta problemática ha propiciado el interés de explorar el comportamiento de las precipitaciones a fin de garantizar una respuesta temprana ante cualquier eventualidad relacionada con este fenómeno (Cortés, 2010) (Rollenbeck y Bendix, 2011).

Los radares pluviométricos son instrumentos electrónicos que permiten realizar una representación espacial de la precipitación. Estos dispositivos dejan estimar cuantitativamente la precipitación de forma remota sobre grandes extensiones (1x1, 2x2 km²) a intervalos de tiempo breves, entre 5 y 10 minutos. Generalmente hacen un barrido volumétrico de 360° en un tiempo menor de 10 minutos, lo que permite obtener gran cantidad de información en poco tiempo (Rosengaus, 1999). De esta forma, los radares pluviométricos brindan información sobre la complejidad y características propias de las nubes (Ortiz et al., 1960). La variación de la forma de onda registrada por los radares pluviométricos permite descubrir

la presencia, tipo de nube y su posición en el espacio (Briceño Cogollo, 2005). Por esta razón, las estimaciones de lluvia proporcionadas por los radares se han vuelto cruciales para la generación temprana de alertas de fenómenos hidrometeorológicos de gran magnitud, como son los deslizamientos de tierra y los flujos torrenciales (López, Miguel, Campiñez, & Telvent, 2006).

Miembros de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales han desarrollado un radar de vigilancia meteorológica cuyo objetivo inicial es detectar la presencia de nubes, medir su distancia y explorar la dinámica de la nube mediante el estudio de los pulsos reflejados.

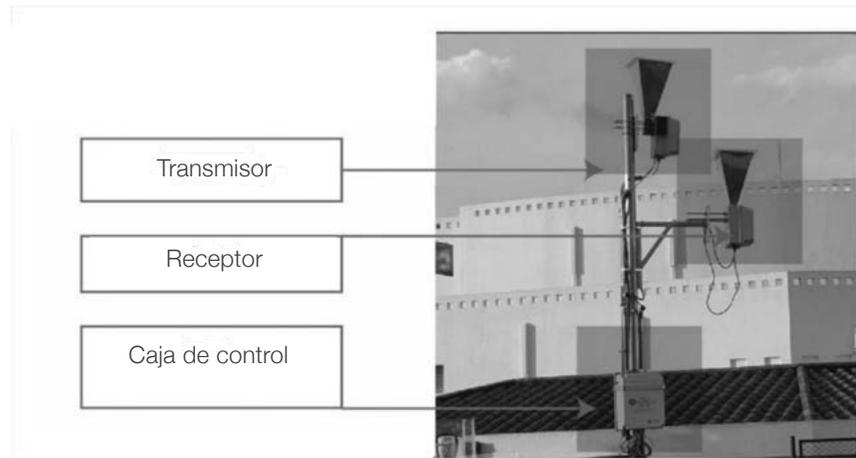


Figura 1. Partes del radar meteorológico “eco- nube”

El radar desarrollado y denominado “eco-nube”, cuyo esquema se muestra en la Figura 1, está conformado por un emisor que envía una ráfaga de microondas al ambiente con una frecuencia de 2.46 GHz. Si la señal choca con una nube se refleja y regresa en forma de eco. Las características del eco dependen del grado de densidad de la nube. El receptor

recibe la señal y realiza las operaciones de adquisición, demodulación y digitalización. Esta información es procesada a través de un software que adquiere los ecos, crea datos históricos, muestra en pantalla la señal del eco y genera archivos tipo .wav para su posterior análisis. La Figura 2 muestra un diagrama donde se identifican las diferentes partes del radar “eco-nube”.

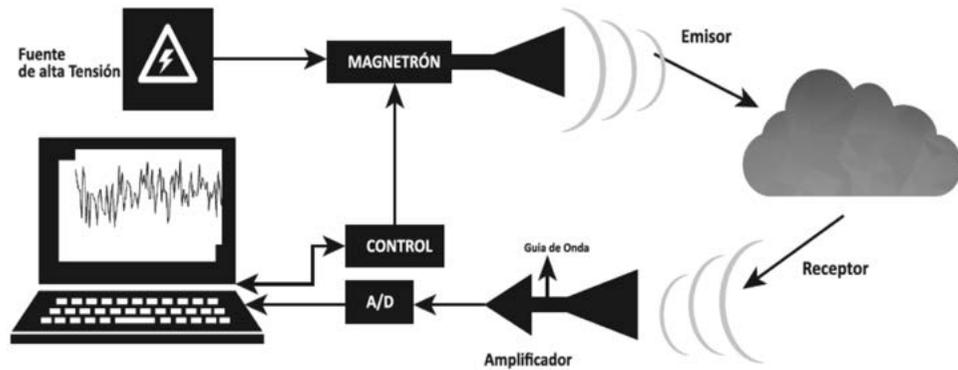


Figura 2. Diagrama del sistema de radar meteorológico “eco nube”

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar esta investigación se realizaron ocho campañas de ensayos con el radar experimental en diferentes condiciones de nubosidad: días despejados con total ausencia de nubes (27,961,360 datos), días parcialmente nublados con la presencia de alguna o varias nubes (546,681,633 datos),

días nublados con la presencia casi total de nubes (109,233,152 datos) y días densamente nublados pero sin lluvia (576,613,184 datos). La Figura 3 muestra la evolución de la amplitud de voltaje de algunas de las señales registradas por el radar para diferentes condiciones meteorológicas.

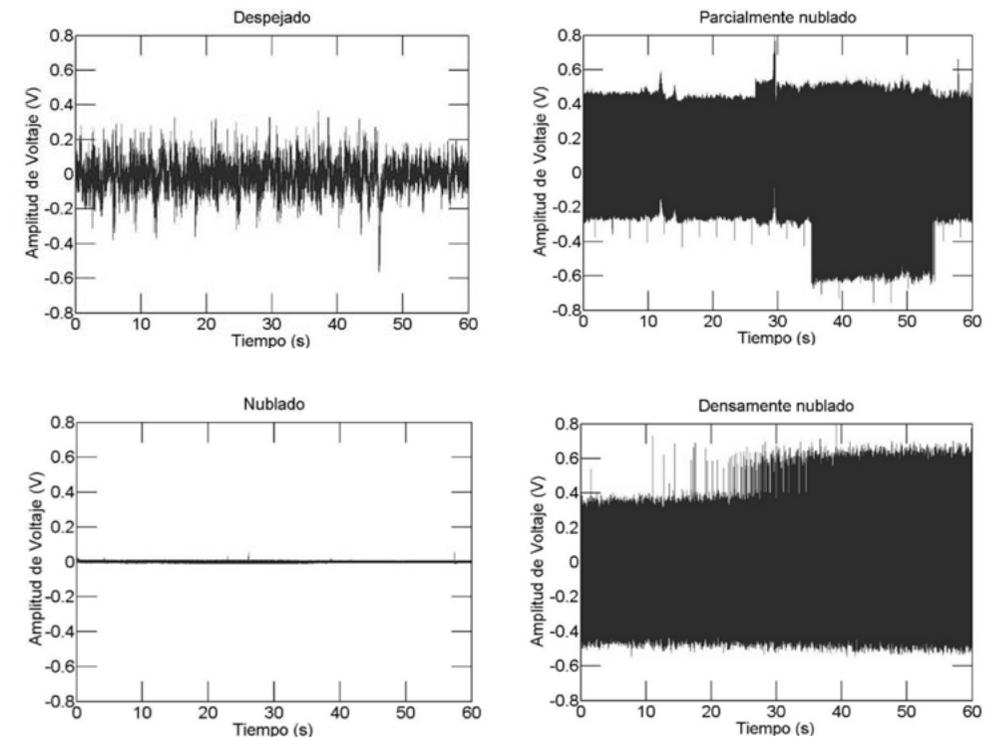


Figura 3. Evolución de la amplitud de voltaje para registros de señales en diferentes condiciones de nubosidad: a) día despejado con ausencia de nubes, b) día parcialmente nublado, c) día nublado y d) día densamente nublado

Las señales registradas por el radar “eco-nube” fueron almacenadas en ficheros tipo wav con una frecuencia de muestreo de 384.000 datos por segundo. Estas señales fueron analizadas cualitativamente con el software de Matlab con el objetivo de detectar las variaciones y atenuaciones sufridas en amplitud y longitud de onda.

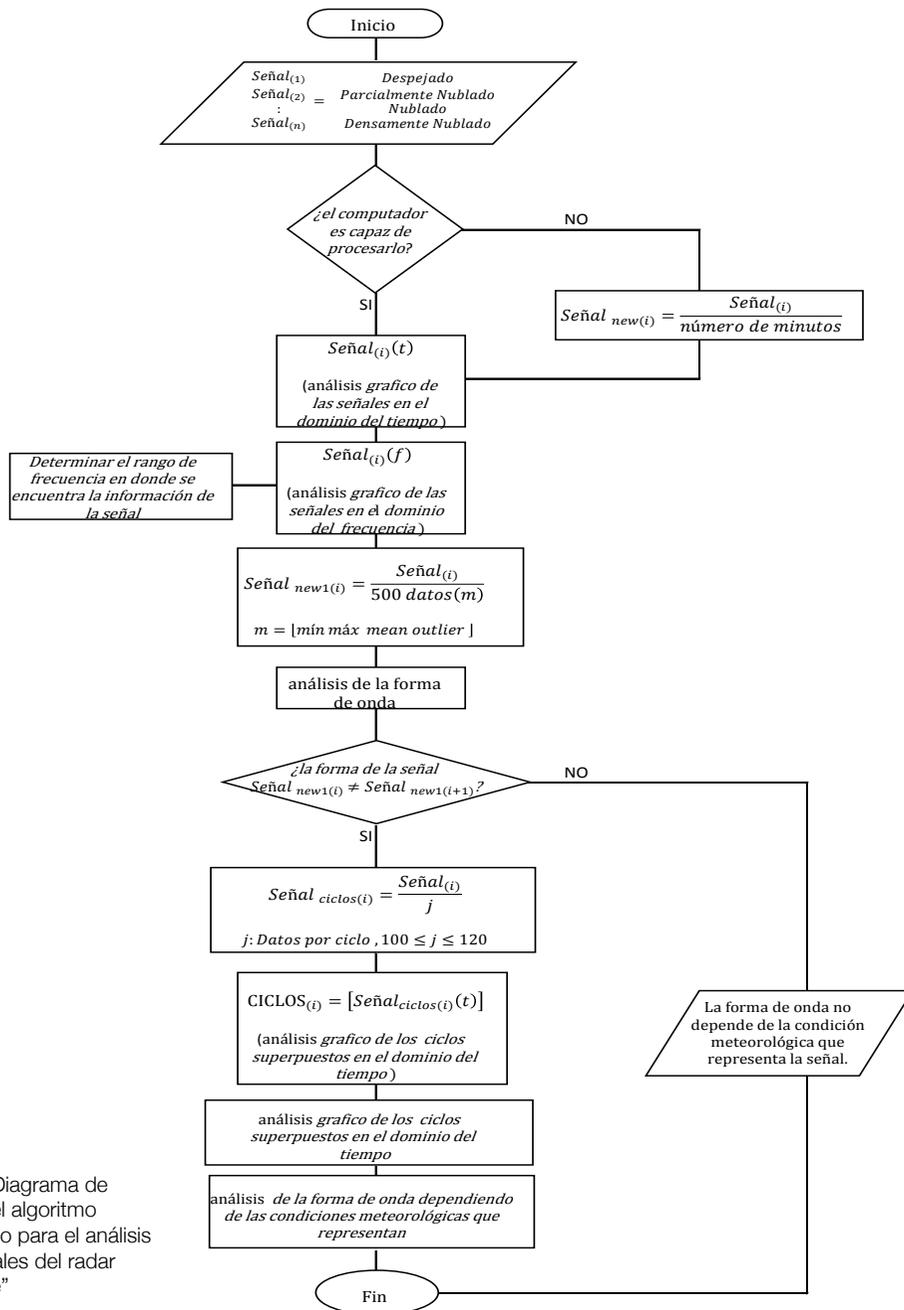


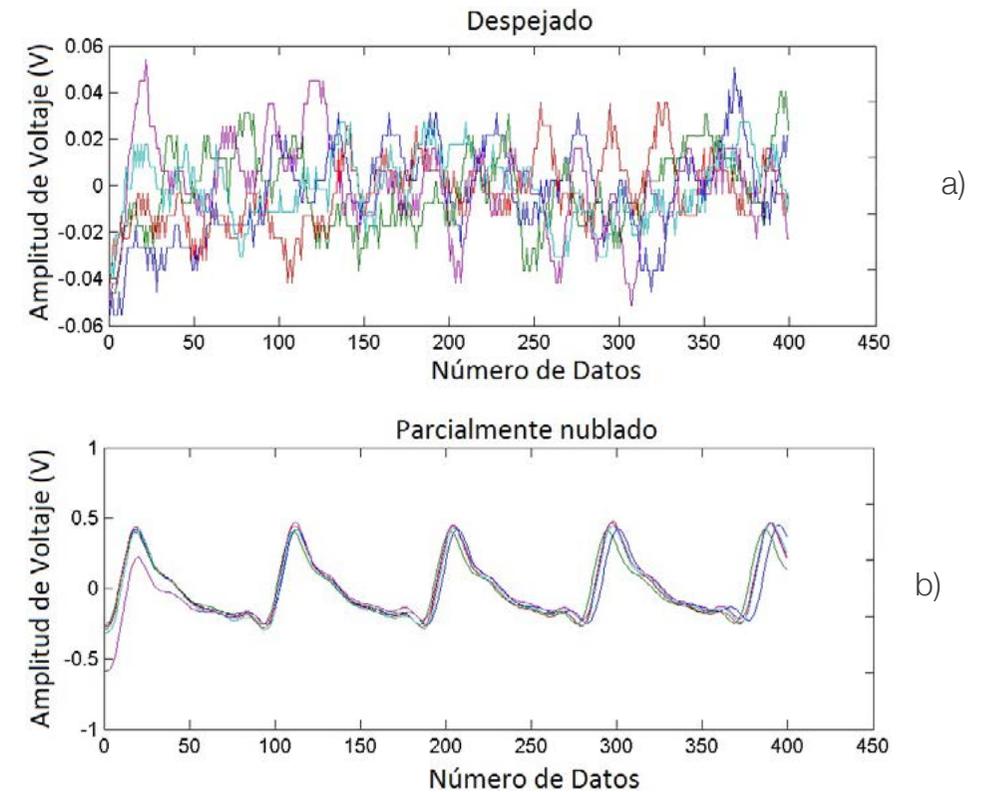
Figura 4. Diagrama de bloques del algoritmo desarrollado para el análisis de las señales del radar “eco- nube”

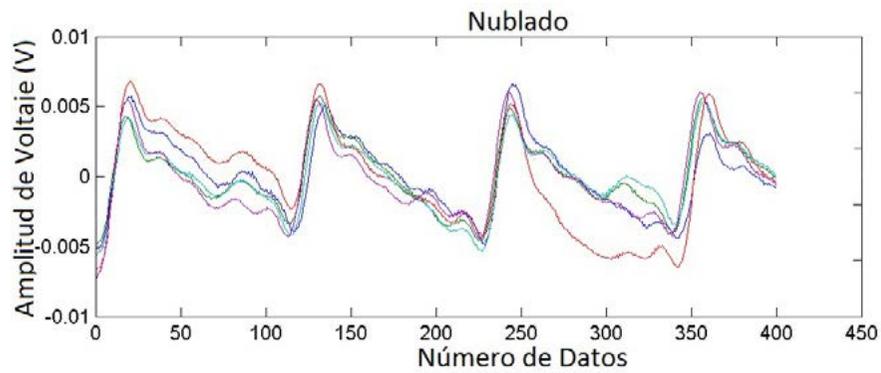
El algoritmo desarrollado para el análisis de las señales se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 4. El algoritmo consta de 4 pasos principales, el primero consiste en el registro e identificación de las señales. El segundo paso es realizar una segmentación de la señal en el tiempo, en registros de un minuto (384.000 datos) debido al coste computacional requerido para manipular la información suministrada por el radar. El tercer paso consiste en el análisis de la forma de onda y el estudio de la estacionalidad de las señales. Finalmente, se realiza una

descomposición de cada señal normalizada en ciclos completos y se hace su análisis descriptivo.

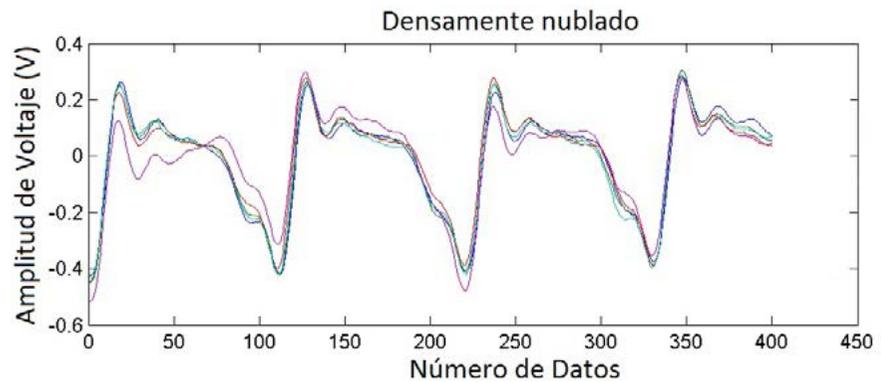
RESULTADOS

Para realizar un análisis cualitativo de la forma de la onda recibida por el radar y de la estacionalidad de las señales, se hicieron gráficas con ventanas de 400 datos de cada señal. La Figura 5 muestra un ejemplo de estas gráficas para cada una de las condiciones de nubosidad analizadas.





c)



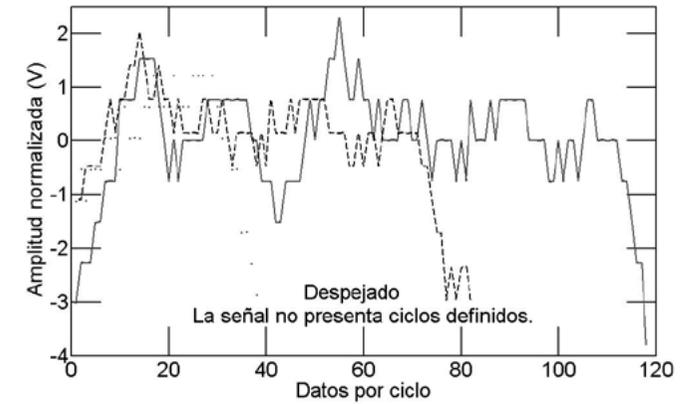
d)

Figura 5. Señales registradas por el radar “eco-nube” en diferentes condiciones de nubosidad, análisis para ventanas de 500 datos: a) día despejado con ausencia de nubes, b) día parcialmente nublado, c) día nublado y d) día densamente nublado

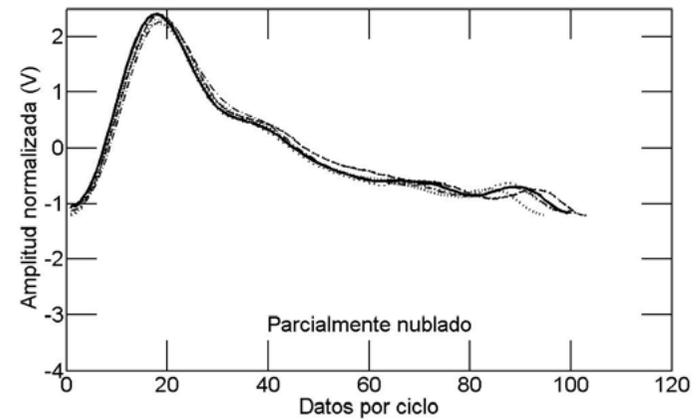
Como se observa en la Figura 5 las señales presentan un comportamiento diferente para cada una de las condiciones de nubosidad registradas. En días despejados, con ausencia de nubes (Figura 5a), el receptor solo registra ruido debido a que la señal enviada por el emisor no es reflejada, sin embargo, en los registros obtenidos en días con alguna presencia de nubes (Figuras 5b, 5c y 5d) la señal tiene características armónicas

con una forma de onda bien definida y discriminante para cada clase.

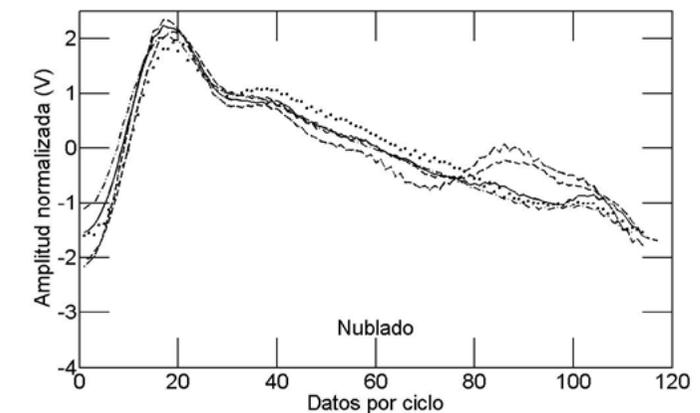
Para comprobar que la señal conserva sus características morfológicas a lo largo del tiempo, cada señal fue segmentada en ciclos completos. La Figura 6 muestra las gráficas de los ciclos completos superpuestos para cada condición de nubosidad, luego de un proceso de normalización y remoción de medias.



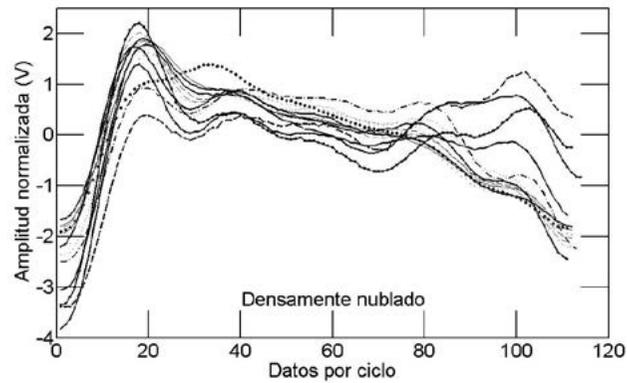
a)



b)



c)



d)

Figura 6. Ciclos completos de las señales registradas por el radar para diferentes condiciones de nubosidad, luego del proceso de normalización y remoción de medias: a) día despejado con ausencia de nubes, b) día parcialmente nublado, c) día nublado y d) día densamente nublado

La superposición de los ciclos completos de las señales permitió observar la evolución de la forma de onda en cada una de las condiciones de nubosidad analizadas. En días despejados (Figura 6a) la señal no presenta forma de onda periódica ni características determinísticas. No obstante, las señales con algún tipo de nubosidad registrada (Figura 6b, 6c y 6d) presentan características de amplitud y longitud de onda similares entre señales de la misma clase.

Los ciclos completos de las señales registradas en días parcialmente nublados (Figura 6b) exhiben pocas diferencias entre ellos. Las características de amplitud a lo largo del ciclo se mantienen casi invariables, lo que hace posible agrupar este tipo de señales y definir las con una forma de onda característica.

A medida que la nubosidad aumenta, también aumenta el número de crestas o "jorobas" del ciclo completo de la señal (Figura 6c). Los días densamente

nublados presentan mayor número de crestas y grupos de formas de onda más variados, asociados a un grado mayor de nubosidad (Figura 6d).

Este análisis permitió comprobar que, al normalizar los ciclos completos de las señales recibidas por el radar, la longitud de la onda y el área bajo la curva de cada ciclo completo aumentan a medida que aumenta la condición de nubosidad, como se muestra en la Figura 7.

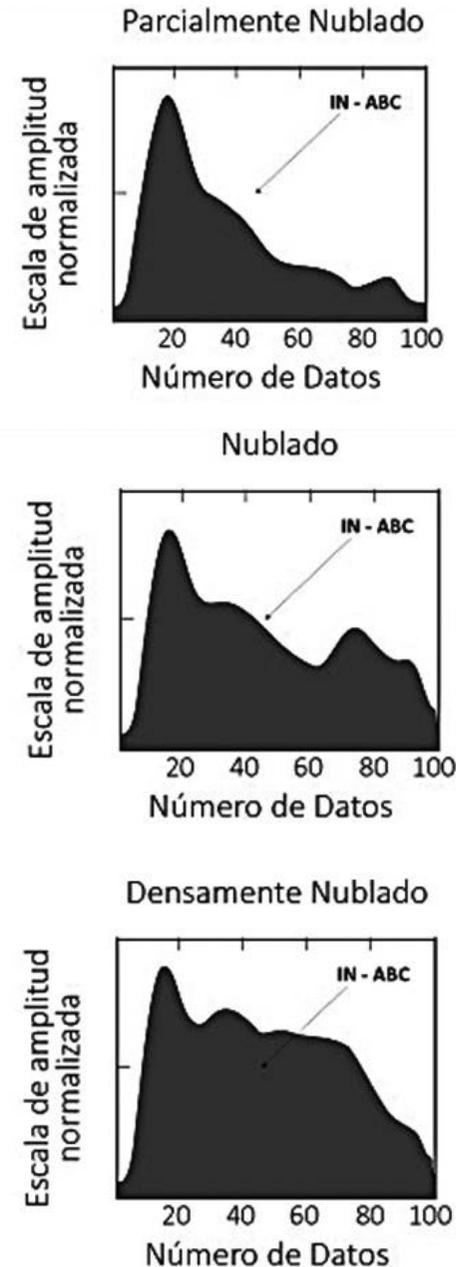


Figura 7. Área bajo la curva de un ciclo completo de las señales registradas por el radar en diferentes condiciones de nubosidad: a) día despejado con ausencia de nubes, b) día parcialmente nublado, c) día nublado y d) día densamente nublado

En la Figura 7 se puede observar que el área bajo la curva de una señal registrada en un día despejado (Figura 7a) no puede calcularse debido a la aleatoriedad de la señal (la señal enviada por el emisor no es reflejada al receptor por la ausencia de nubes). Por otro lado, la señal de un ciclo completo en los registros de un día parcialmente nublado (Figura 7b) presenta una sola cresta o pico máximo característico. Estas crestas se incrementan con la nubosidad (Figura 7b) y las ondas presentan máximos locales característicos adicionales. Finalmente, los ciclos completos de los registros de días densamente nublados (Figura 7d) presentan un área bajo la curva mucho mayor que los anteriores debido a que la magnitud de la señal aumenta a lo largo de todo el ciclo. Esta característica permitió determinar que la información relevante dentro de las señales adquiridas por el radar está en la forma de onda de los ciclos completos y no en la amplitud media del voltaje registrado, por lo que se hace necesario analizar con mayor detenimiento el área bajo la curva de cada una de estas señales.

CONCLUSIONES

Las señales registradas por el radar experimental durante las campañas de ensayos fueron analizadas y se obtuvieron resultados satisfactorios. Se comprobó que las señales recibidas son diferentes

dependiendo del estado de nubosidad en la zona de influencia del radar. Las variaciones sufridas en la amplitud y longitud de onda de las señales son mayores a medida que aumenta la nubosidad. Se pudo comprobar que las señales adquiridas por el radar se pueden caracterizar por la magnitud del área bajo la curva de un ciclo completo de señal normalizada, esta magnitud se incrementa a medida que aumenta la nubosidad. Finalmente, en días despejados, con ausencia de nubes, la forma de onda no puede ser analizada, debido a que la señal enviada por el radar no es reflejada, ya que bajo esta condición el receptor solo registra ruido.

De esta forma este radar ha contribuido al conocimiento del comportamiento de la nubosidad en la ciudad de Manizales y se convierte en el punto de inicio para el estudio de la lluvia y de las alertas tempranas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias al convenio suscrito entre la Universidad Nacional – IDEA y CORPOCALDAS en el marco del proyecto “Gestión del riesgo de los desastres en Manizales” por medio del cual se financió el desarrollo del radar meteorológico “eco-nube”. Adicionalmente, la investigación se desarrolla en el marco del proyecto “Caracterización, identificación y modelamiento matemático de variables climáticas en la ciudad de Manizales y el Parque Nacional Natural Los Nevados, mediante técnicas de

minería de datos e inteligencia artificial” financiado por COLCIENCIAS en la convocatoria 656 de 2014 “Es tiempo de volver”.

BIBLIOGRAFÍA

- **Cortés, A. C. C. (2010).** Análisis de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación en una ciudad de media montaña andina. Caso de estudio: Manizales.
- **López, M., Miguel, C. De, Campiñez, R., & Telvent, M. (2006).** Desarrollo de Plataforma de Supervisión para Cuencas Hidrológicas. Telvent.
- **Ortiz, E., Tec, I., Públicas, O., Tecnología, S. L., Pujol, L., Civil, I., ... Universitã, T. (1960).** Combinación Bayesiana de datos pluviométricos e imágenes del Radar Meteorológico mediante Block Kriging y Filtro de Kalman . Aplicación en España.
- **Rollenbeck, R., & Bendix, J. (2011).** Rainfall distribution in the Andes of southern Ecuador derived from blending weather radar data and meteorological field observations. Atmospheric Research, 99(2), 277–289. <http://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.10.018>
- **Rosengaus, M. (1999).** Utilizando Radar Meteorológico. Ingeniería Del Agua, 6(junio), 185–198.

Instituto de Estudios Ambientales - IDEA -
Teléfono: 8879300 Ext. 50190 / Fax 8879383
Cra 27 #64-60 / Manizales - Caldas
<http://idea.manizales.unal.edu.co>
idea_man@unal.edu.co