

Un sistema nuboso regional semipermanente en la cordillera de la Costa, Venezuela: una descripción pedagógica

A semi-permanent regional cloud system in the Coastal Mountain Range, Venezuela: a pedagogical description

◆ **Sergio Foghin-Pillin**

sfoghin@hotmail.com

Código ORCID: 0000-0003-3690-8195

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

I Artículo recibido en febrero 2019

I Arbitrado en marzo 2019

I Publicado en mayo 2019

RESUMEN

Palabras clave:

Venezuela;
meteorología;
mesoescala; sistemas
nubosos estratiformes

El objetivo de la investigación fue describir un sistema nuboso estratiforme de ciclo diario, que se forma sobre el territorio del estado Miranda y del Distrito Capital, observable con mayor frecuencia durante los meses de sol bajo, correspondientes a la estación anual seca. El manto nuboso, conformado por estratos y estratocúmulos (st/sc), se forma debido al enfriamiento del aire por la irradiación nocturna, persiste por lo general durante las primeras horas del día y se disipa pasado el mediodía. Se presenta claramente limitado por las serranías costeras, aproximadamente entre los 10°32' y los 10°30' de latitud septentrional. En ocasiones, bajo situaciones de inestabilidad en la baja troposfera, el manto estratiforme adquiere cierto desarrollo vertical y puede producir precipitaciones ligeras a moderadas. Estas condiciones, sumadas a las nieblas y neblinas que puede generar el sistema nuboso le confieren un notable interés geográfico y ecológico, que justifica profundizar en su investigación. Metodológicamente se basó en las imágenes del satélite meteorológico geoestacionario GOES-E, fundamentalmente en espectro visible (VS), a escalas de resolución de 1 kilómetro y 0,5 kilómetros.

ABSTRACT

Keywords:

Venezuela;
meteorology;
mesoscale; stratiform
cloud systems

The objective of the investigation was to describe a stratiform cloud system of daily cycle, which forms over the territory of the Miranda state and the Capital District, more frequently observed during the months of low sun, corresponding to the annual dry season. The cloud cover, made up of strata and stratocumulus (st / sc), is formed due to the cooling of the air by night irradiation, usually persists during the first hours of the day and dissipates after noon. It is clearly limited by the coastal mountains, approximately between 10 ° 32 'and 10 ° 30' north latitude. Sometimes, under situations of instability in the lower troposphere, the stratiform mantle acquires a certain vertical development and can produce light to moderate rainfall. These conditions, added to the mists and mists that the cloud system can generate, give it a notable geographical and ecological interest, which justifies deepening its research. Methodologically it was based on the images of the GOES-E geostationary meteorological satellite, mainly in visible spectrum (VS), at resolution scales of 1 kilometer and 0.5 kilometers.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas meteorológicos, determinados por las características del relieve regional y local, constituyen un aspecto aún poco estudiado de la fisiografía del territorio venezolano, pese a su indiscutible relevancia ecológica y geográfica, considerando que ejercen un significativo control sobre elementos como el viento, nubosidad, radiación solar, cantidad de horas de sol brillante (insolación), humedad relativa, evaporación, temperatura y precipitaciones (Barry, 1992; Barry y Chorley, 2010; Simpson, 1994).

El término regional usado en el contexto de este trabajo se identifica fundamentalmente con la mesoescala beta, la cual comprende fenómenos meteorológicos con dimensiones espaciales del orden de los 20 a los 200 kilómetros, aproximadamente (Randi, 2006). Esta escala abarca también las áreas urbanas, usualmente afectadas por alteraciones atmosféricas locales como el efecto isla térmica, callejones de viento y calidad del aire, entre otras, debidas a las actividades antropogénicas (Janković y Hebbert, 2012). Desde el punto de vista climatológico, estas dimensiones escalares comprenden los mesoclimas y los topoclimas (Littmann, 2008; Sánchez, 1981).

Las modificaciones derivadas de la influencia del relieve regional y local se evidencian tanto en los regímenes anuales como en los regímenes diarios de los diferentes elementos meteorológicos antes mencionados y resultan de particular importancia por sus efectos en la baja troposfera, la llamada capa-límite, en la cual se desarrollan procesos de especial interés para la biogeografía y la ecología (Garratt, 1994).

Entre los más característicos regímenes diarios a esta escala, se encuentran los sistemas de brisas de mar-tierra, los cuales pueden dar origen a frentes de brisas de mar, sistemas cuyo estudio resulta

importante en las investigaciones relacionadas con la dispersión de contaminantes atmosféricos, además de revestir interés para la pluviometría de las regiones áridas y semiáridas (Foghin-Pillin, 2014; 2016; Foghin-Pillin y Reyes, 1999).

Por otra parte, los sistemas montañosos modifican en diferentes grados los efectos de los sistemas meteorológicos a escala sinóptica, tales como los frentes fríos y perturbaciones del tipo de las ondas y ciclones tropicales (Houze, 2012). Al mismo tiempo, las perturbaciones a escala sinóptica tienden a minimizar o a suprimir los gradientes mesoescalares de temperatura y de presión atmosférica, debilitando de esta forma las circulaciones regionales, a la vez que pueden ocultar los sistemas nubosos generados por estas.

En la zona septentrional de Suramérica, las interrelaciones señaladas determinan que los sistemas meteorológicos a mesoescala se observen con mayor frecuencia durante los meses de diciembre a abril, período durante el cual la zona de convergencia intertropical se encuentra desplazada hacia el hemisferio meridional, con la consiguiente disminución de la actividad convectiva y de la cobertura nubosa características de aquel sistema de circulación a macroescala (Foghin-Pillin, 2002; 2014; 2016).

Sobre las bases expuestas, este trabajo tiene como objetivo describir un sistema nuboso estratiforme regional, de ciclo diario, no reportado hasta el presente en la literatura geográfica venezolana, el cual afecta los valles comprendidos entre la serranía del Litoral y la serranía del Interior de la cordillera de la Costa y constituye un factor atmosférico que puede incidir sobre elementos climatológicos como la insolación, la radiación, la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones (Barry, 1992; Barry y Chorley, 2010; Henry y Heinke, 1999; Hernández, Guenni y Sansó, 2011) en una región del territorio

venezolano en la cual se localiza la ciudad de Caracas, capital del país, además de otros importantes centros poblados periféricos, que integran conurbaciones con una alta densidad poblacional localizados en el Distrito Capital y el estado Miranda.

Por otra parte, extensas áreas de esta región, sobre todo en territorio del estado Miranda, presentan una alta vocación agropecuaria, además de que entre sus límites se localizan importantes reservorios hídricos que surten a los centros urbanos mencionados.

Tales características geográficas confieren pertinencia a este estudio básico, el cual aspira constituir un punto de partida para la caracterización climatológica del sistema nuboso mencionado, con miras a establecer su relación con los aspectos climatológicos citados y definir una línea de base que permita optimizar la red de estaciones de observación, constituir una base de datos sobre la que se puedan sustentar las futuras acciones de ordenamiento territorial, gestión de riesgos y adopción de medidas preventivas ante las posibles alteraciones debidas al cambio climático global.

METODOLOGÍA

Esta investigación se basó en las imágenes del satélite meteorológico geostacionario GOES-E, fundamentalmente en espectro visible (VS), a escalas de resolución de 1 kilómetro y 0,5 kilómetros. También se utilizan en el análisis imágenes en el espectro infrarrojo (IR), con resolución de dos kilómetros, las cuales presentan una panorámica más amplia del territorio venezolano. Las imágenes se recuperan a diario del portal electrónico de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), extrayéndose a partir de la imagen hemisférica (<https://weather.msfc.nasa.gov/goes/abi/goesEastfullDiskband02.html>) que se

actualmente es actualizada cada diez minutos.

Para este trabajo, las imágenes del satélite meteorológico GOES-E se analizaron en forma visual, con la aplicación de las técnicas fundamentales para identificar los diferentes géneros de nubes (Kidd, Levizzani y Bauer, 2009; Kidder y Vonder Haar, 1995). Cuando se consideró necesario, las imágenes fueron ampliadas por medio de los recursos que presentan los diferentes visores del sistema operativo Windows.

Las observaciones basadas en las imágenes satelitales se iniciaron en 2007 en forma esporádica y, tras encontrar suficientes evidencias de la actividad del sistema nuboso regional, se fueron progresivamente sistematizando y archivando en carpetas diarias, acompañadas de mapas sinópticos de superficie y de altura, además de mapas de las anomalías superficiales de temperaturas oceánicas, a objeto de poder establecer posibles correlaciones en futuras investigaciones.

En algunos casos también se archivan y analizan imágenes satelitales a color, procedentes del sistema Worldview (NASA) (<https://worldview.earthdata.nasa.gov>). La información cartográfica y geodésica se procesa y extrae del sistema Google Earth (earth.google.com).

Los registros pluviométricos que se presentan y comentan en este trabajo, proceden de la base de datos por estados, compilada por la Dirección de Hidrología y Meteorología, Dirección General de Cuencas, del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, archivada digitalmente.

La cordillera de la Costa y su importancia como factor climático

En las diferentes regiones del territorio venezolano se presentan situaciones en las que la interacción entre los vientos

dominantes y el relieve produce notables contrastes en las condiciones climáticas a mesoescala, dando lugar a una considerable variedad de mesoclimas (Sánchez, 1981). La compleja orografía de la cordillera de la Costa conforma una de las regiones venezolanas en la cual se presentan notables contrastes, particularmente en cuanto a los variados montos y regímenes pluviométricos anuales que pueden encontrarse, en función de la altitud, forma de las cuencas y de la exposición que presentan las diferentes localidades respecto de los vientos provenientes de los cuadrantes primero y segundo (ENE a ESE).

En esta región destacan particularmente los efectos de la barrera orográfica constituida por la serranía del

Litoral, con altitudes más o menos continuas que superan los dos mil metros al norte de la capital. Un ejemplo de sus efectos sobre la pluviometría regional, lo ilustra la comparación de los registros anuales de lluvia de la estación costera de Macuto, situada a 43 metros de elevación, y de la localidad de Ciudad Universitaria, ubicada en pleno valle de Caracas, a 884 metros de altitud (ver gráfico 1). Destaca la disparidad entre los montos pluviométricos medios de ambas estaciones, con 540 y 970 milímetros respectivamente, además de la distribución en dos regímenes de lluviosidad anual completamente diferentes. Cabe destacar que la distancia en línea recta entre ambas localidades es de unos doce kilómetros.

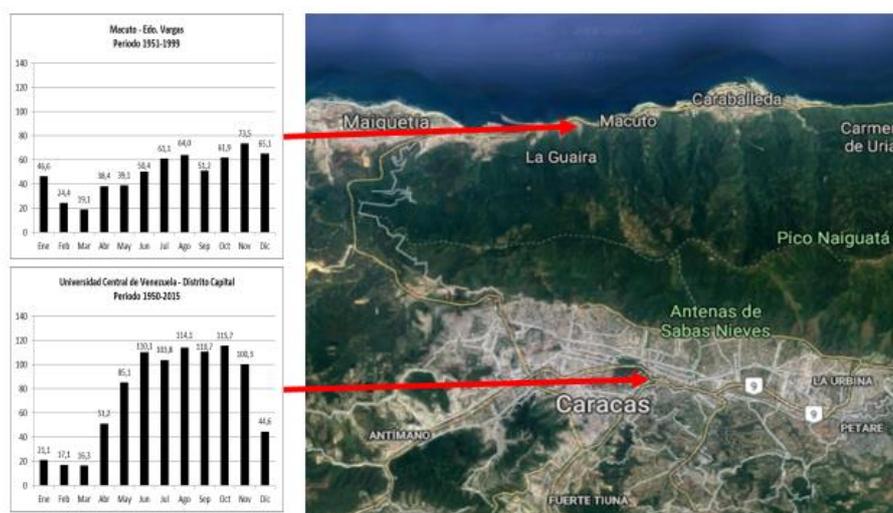


Gráfico 1. Precipitación anual y localización de las estaciones de Macuto (estado Vargas) y Caracas-Ciudad Universitaria (Distrito Capital). (El norte está hacia la parte superior de la imagen, tomada de Google Earth).

Como se ha apuntado, la orografía regional resulta también un importante factor modificador de los efectos de situaciones meteorológicas a escala sinóptica, lo cual se comprueba al comparar los montos de precipitación recibidos en la vertiente norte de la Serranía del Litoral (La Guaira), mucho mayores respecto a los registros de la vertiente sur (Caracas)

durante el episodio pluviométrico extraordinario (frente frío y vaguada) de mediados de diciembre de 1999, causante de inundaciones catastróficas en las costas del estado Vargas (Lyon, 2003). El efecto modificador de la forma de las cuencas hidrográficas sobre la pluviometría regional y local, es también un factor relevante en el territorio venezolano (Fletcher, 1949).

Los factores señalados determinan para la región de Caracas-Valles del Tuy y Barlovento, notables variaciones en los montos y regímenes pluviométricos subregionales, como lo pone de manifiesto la investigación de Landaeta (2016), en la cual, por el sistema de polígonos de Thiessen, se diferencian seis tipos pluviométricos. Tales diferencias también resultan evidentes en los registros de lluvia de una muestra de ocho estaciones

localizadas en la región en estudio. Para cada localidad se anotan seguidamente los valores medios de lluviosidad mensual y anual en milímetros, procedentes de la base de datos de la Dirección de Meteorología e Hidrología del Ministerio Popular para el Ambiente. Se indican también las respectivas latitudes (N) y longitudes (W) en grados y minutos, así como las altitudes en metros sobre el nivel del mar (msnm) y los correspondientes períodos de registro (P).

Los Teques Lat: 1021 Lon: 6702 Alt: 1090 P: 1948-1998

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 17 | 13 | 14 | 40 | 103 | 166 | 143 | 137 | 122 | 135 | 75 | 42 | 1007 |

Caracas-La Mariposa Lat: 1025 Lon: 6656 Alt: 980 P: 1950-1994

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| 99 | 20 | 12 | 16 | 43 | 135 | 121 | 125 | 100 | 113 | 81 | 42 | 905 |

Caracas-La Carlota Lat: 1030 Lon: 6653 Alt: 835 P: 1955-1992

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|----|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| 17 | 8 | 15 | 42 | 74 | 126 | 116 | 126 | 116 | 129 | 84 | 44 | 895 |

Guarenas Lat: 1028 Lon: 6637 Alt: 385 P: 1950-1993

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|----|---|---|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|
| 18 | 9 | 9 | 33 | 76 | 143 | 128 | 106 | 86 | 75 | 79 | 51 | 813 |

Carenero Lat: 1032 Lon: 6558 Alt: 20 P: 1951-1995

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 48 | 30 | 22 | 31 | 59 | 100 | 103 | 130 | 109 | 141 | 209 | 139 | 1121 |

El Guapo Lat: 1009 Lon: 6607 Alt: 10 P: 1943-1996

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|-----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 134 | 81 | 61 | 94 | 140 | 186 | 288 | 250 | 185 | 205 | 293 | 247 | 2163 |

Cúa-Tovar Lat: 1009 Lon: 6652 Alt: 230 P: 1951-1998

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|------|
| 2 | 15 | 18 | 46 | 108 | 172 | 167 | 133 | 104 | 96 | 70 | 64 | 1025 |

El Consejo Lat: 1015 Lon: 6716 Alt: 553 P: 1953-1991

| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | AÑO |
|---|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
| 4 | 4 | 9 | 43 | 100 | 153 | 157 | 156 | 129 | 103 | 56 | 17 | 932 |

En cuanto a los aspectos de temperatura, el área en estudio comprende mayormente los pisos térmicos tropical y subtropical, entre el nivel del mar y la cota de 1.500 metros de elevación, aproximadamente, con temperaturas medias anuales mayores de 24C para el primero y entre 24C y 18C, para el segundo (Goldbrunner, 1984). Como se ha señalado, en la serranía del Litoral se alcanzan elevaciones de hasta 2.765 metros sobre el nivel del mar (Pico Naiguatá), pero dichas cumbres por lo general aparecen despejadas, sobresaliendo de la capa nubosa estratiforme (ver gráfico 2).

RESULTADOS

El área de estudio se localiza en la región centro-septentrional del territorio venezolano (ver gráfico 2) delimitada al norte y al sur por la serranía del Litoral y la serranía del Interior, respectivamente. Las líneas de cresta de estos dos ramales del tramo central de la cordillera de la Costa, coinciden muy ajustadamente con los paralelos 10°32'N y 10°00'N, de manera que el área tiene unos sesenta kilómetros de anchura, medida sobre un arco de meridiano.

Por el oriente estas tierras se abren hacia el golfo de Barcelona a través de la

llanura fluvio-marina de Barlovento (Vila, 1960), extendiéndose hasta el borde costero del estado Miranda, comprendido entre el saliente de cabo Codera, en su extremo noroccidental y las estribaciones orientales de la serranía del Interior, en su extremo suroriental.

Hacia occidente el área termina aproximadamente en el meridiano 67°10'W, cierre definido por el estrechamiento orográfico que separa los valles del Tuy (estado Miranda) de los valles de Aragua, los cuales, a partir de la población de La Victoria, se ensanchan hacia la depresión del lago de Valencia (estados Aragua y Carabobo) y conforman una comarca climática (Vila, 1967) claramente diferenciada del territorio afectado por el sistema nuboso que aquí se describe.

Así delimitada el área de estudio, su eje longitudinal, medido sobre el paralelo 10°15'N, tiene unos 165 kilómetros de largo y su superficie total cerca de 8.000 kilómetros cuadrados (ver gráfico 2), la cual comprende prácticamente la totalidad del estado Miranda y del Distrito Capital, entidades que, en las imágenes del satélite meteorológico GOES-E, pueden observarse afectadas por el sistema nuboso estratiforme que se describe en este trabajo.

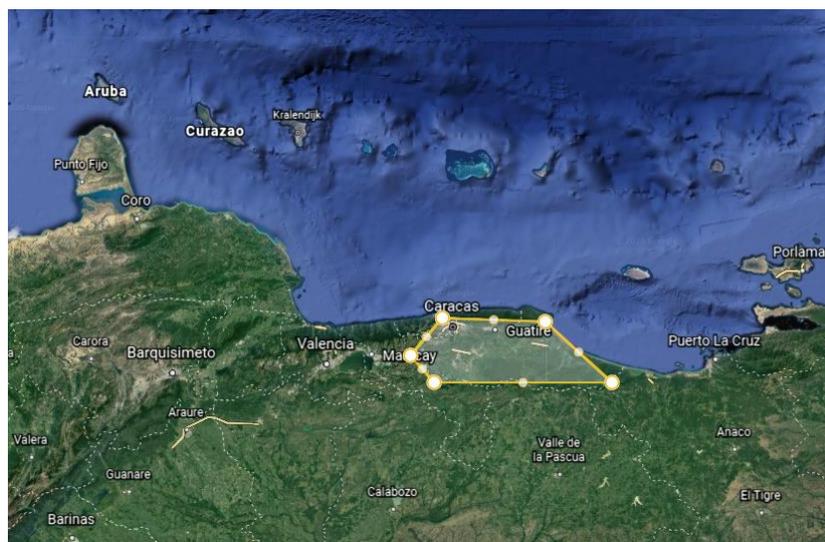


Gráfico 2. Localización relativa y delimitación del área de estudio.

Como se ha apuntado, dicho sistema, al igual que otras coberturas nubosas a mesoescala, es observable más frecuentemente durante los meses de diciembre a abril, debido a la ausencia de nubosidad asociada a perturbaciones a escala sinóptica. Sin embargo, en días libres de este tipo de nubosidad la cobertura nubosa estratiforme regional puede formarse en cualquier mes, razón por la cual se le considera semipermanente.

El sistema se caracteriza fundamentalmente por una capa nubosa de poco desarrollo vertical, conformada por

estratos o estratocúmulos (st/sc), dependiendo de las condiciones termodinámicas prevalecientes en la baja troposfera, que cubre toda el área delimitada anteriormente, observándose nítidamente, con frecuencia, los límites determinados por las líneas de cresta de los dos ramales de la cordillera de la Costa, mientras que permanecen por completo despejadas las vertientes septentrionales de la serranía del Litoral y la franja costera del estado Vargas, así como la zona del piedemonte meridional de la serranía del Interior (ver Figura 1).

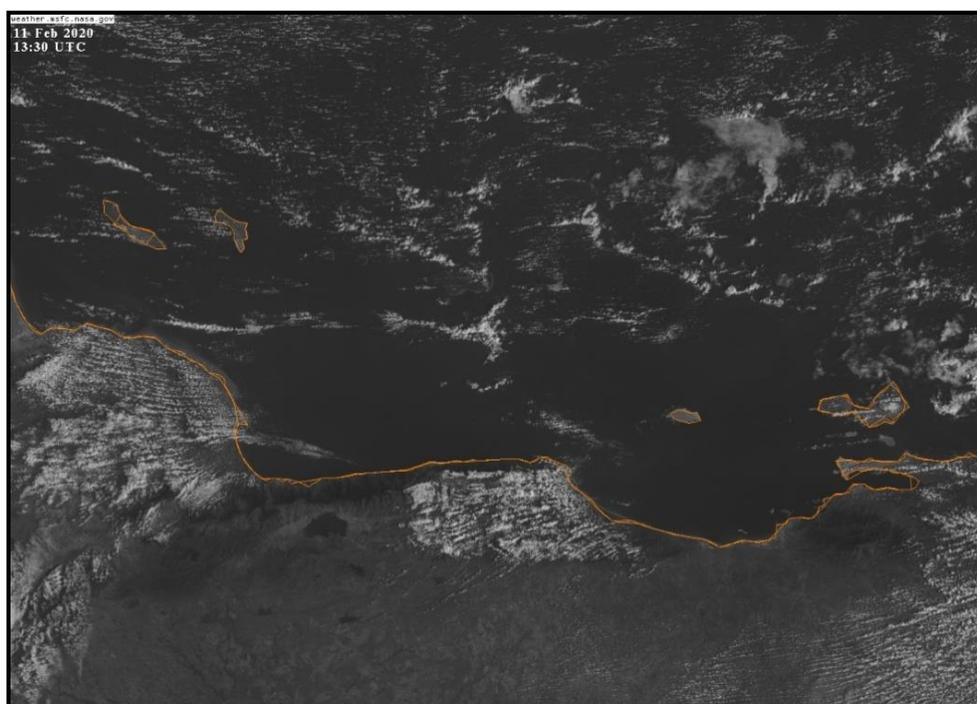


Figura 1. Imagen del satélite meteorológico GOES-E, del 11 de febrero de 2020 a las 13:30 UTC, en espectro visible (VS). Se aprecia claramente definido el sistema nuboso estratiforme (st/sc) cubriendo toda la región de los valles de Caracas, valles del Tuy y llanada de Barlovento. (Fuente: <https://weather.msfc.nasa.gov>).

En el caso que se presenta en la Figura 1, el manto estratiforme se produce bajo una situación sinóptica de tipo anticiclónico, enmarcado en una extensa masa de aire seco, como se aprecia en la imagen satelital del Figura 2.

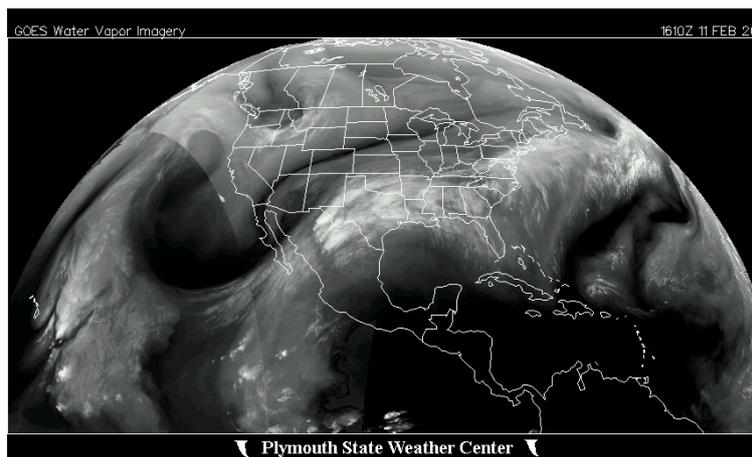


Figura 2. Imagen del satélite meteorológico GOES-E del 11 de febrero de 2020, a las 13:10 UTC, en espectro de vapor de agua (WV). (Fuente: <https://vortex.plymouth.edu/sat/trop/wvsat.html>).

El referido manto nuboso estratiforme tiene su origen en el proceso de condensación que, en presencia de condiciones de humedad adecuadas, se activa por irradiación nocturna, la cual genera el enfriamiento de las capas de aire cercanas al suelo, produciendo una inversión térmica de superficie. El techo de la capa de inversión conforma así el límite superior del manto de estratocúmulos, cuya altura generalmente no supera las cumbres de las alineaciones montañosas.

El manto estratiforme normalmente se mantiene durante las primeras horas de la mañana, hasta que el ángulo de incidencia de la radiación solar aumenta lo suficiente para disipar la inversión de temperatura y restablecer el gradiente altotérmico normal, tras lo cual toda la región aparece despejada (ver figura 3). Al avanzar la tarde en el proceso de despeje de la nubosidad contribuye también el avance tierra adentro de la brisa de mar (Foghin-Pillin, 2016).



Figura 3. Imagen del satélite meteorológico GOES-E, del 11 de febrero de 2020 a las 19:30 UTC, en espectro visible (VS). Tras la disipación del sistema nuboso estratiforme, se observan los valles de Caracas, valles del Tuy y llanada de Barlovento despejados casi por completo. (Fuente: <https://weather.msfc.nasa.gov>).

Bajo ciertas condiciones, la convección generada por el calentamiento diurno puede producir el desarrollo de formaciones cumuliformes a partir de la capa de estratocúmulos, lo que conlleva un aumento del espesor de la cobertura nubosa (ver figura 4) y la posibilidad de generar precipitaciones ligeras a moderadas, las cuales pueden verse incrementadas por la

humedad que aportan los vientos alisios que penetran por la llanada de Barlovento, procedentes del océano. En tales casos las precipitaciones pueden prolongarse durante toda la mañana, presentándose intermitentemente, en forma de lloviznas y de chaparrones ligeros, para cesar después del mediodía, al disiparse la cobertura nubosa.

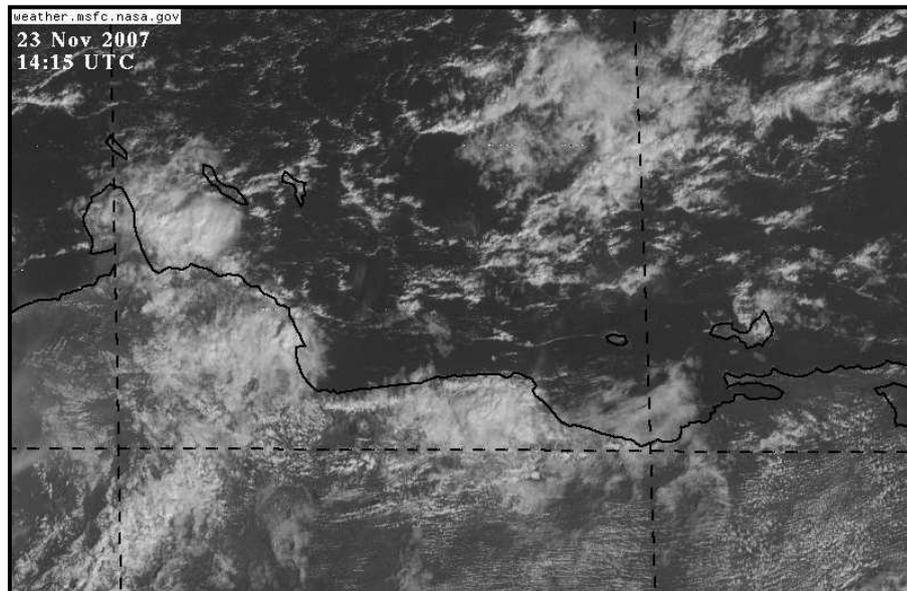


Figura 4. Imagen del satélite meteorológico GOES-E con resolución de 1 km, del día 23 de noviembre de 2007, a las 1415 UTC. Se observa el mayor espesor de la cobertura nubosa en la región de los valles de Caracas, Tuy y Barlovento (Fuente: <https://weather.msfc.nasa.gov>).

Estas precipitaciones, cuando ocurren durante los meses de sol bajo, forman parte de los llamados “nortes” o “lluvias de nortes” y revisten notable importancia ya que al presentarse durante la estación seca que caracteriza gran parte del territorio venezolano durante los meses de noviembre a abril, constituyen un factor de alto interés ecológico y geográfico, por cuanto aportan humedad que puede alterar el ciclo vegetativo de diferentes especies de la flora regional e incidir en la mayor o menor recurrencia de alergias debidas a la emisión de polen y esporas (Benaim-Pinto, 1972; Perdomo de Ponce, 2009). Del mismo modo, este tipo de precipitaciones pueden resultar favorables para el ciclo de secado de algunos cultivos (Sánchez, 1999).

El sistema nuboso estratiforme también repercute sobre la formación de nieblas y neblinas, las cuales generan escurrimiento de agua a través de la vegetación, sobre todo en las regiones montañosas, originando las denominadas “precipitaciones ocultas”, condiciones meteorológicas igualmente poco investigadas en Venezuela (Cavelier y Goldstein, 1989), las cuales contribuyen a mantener importantes biomas, como las selvas nubladas, además de contribuir a la recarga de los mantos freáticos y al mantenimiento del caudal de los torrentes que drenan los dos ramales de la cordillera de la Costa.

Por otra parte, las precipitaciones aportadas por los mencionados sistemas nubosos regionales, pueden determinar una menor incidencia de incendios forestales. Adicionalmente, bajo las condiciones de lluvias ligeras durante las primeras horas del día, se han reportado accidentes viales en los principales ejes viales de la región.



Figura 5. En la imagen se observa el sector occidental del sistema nuboso estratiforme (st/sc), en su borde limítrofe con el estado Aragua. Fotografía tomada hacia el sur, desde la cuenca alta del río Tuy (Colonia Tovar), principal curso de agua regional. (Foto: SFP. 20/12/2003, a las 9:00 hora local).

CONCLUSIONES

El sistema nuboso semipermanente descrito en el presente trabajo afecta una superficie de unos 8 mil kilómetros cuadrados, que comprenden el territorio del estado Miranda y del Distrito Capital. En esta región se localizan la capital del país y otros importantes centros urbano-industriales (Los Teques, Guatire, Guarenas, Charallave, Santa Lucía, Santa Teresa, Cua), que concentran una alta densidad de población.

Por otra parte, una considerable extensión del estado Miranda, sobre todo en las tierras llanas de Barlovento, presenta una alta vocación agrícola. En este territorio se localizan así mismo algunos de los más importantes reservorios hídricos que surten a la capital y a las principales conurbaciones regionales. Así mismo, deben mencionarse en este punto las extensas playas que bordean el litoral barloventeño del estado Miranda, las cuales

confieren a esta entidad un alto potencial turístico. Tales condiciones geográficas resaltan la importancia de los estudios meteorológicos a mesoescala, como el presente.

De acuerdo con los modelos teóricos, se afina que el sistema nuboso semipermanente descrito afecta tanto los balances de radiación, en los cuales son de interés los regímenes diarios y anuales de nubosidad, insolación, radiación y temperatura, como los balances hídricos regionales, para los que resulta básico el conocimiento de los regímenes de precipitación y evaporación.

Para caracterizar apropiadamente el sistema nuboso estratiforme, aquí descrito en sus rasgos generales, se hace necesaria una red de observación meteorológica suficientemente densa, que incluya las mediciones detalladas de los elementos mencionados, además de la dirección y velocidad del viento, parámetros todos que

pueden presentar importantes variaciones inclusive a escala local, sobre todo en los sectores montañosos de la región, como en caso del macizo de Guaicaipuro (Altos Mirandinos) y en gran parte de la conurbación caraqueña, de compleja orografía.

Igualmente importante para el conocimiento del sistema nuboso en cuestión resultan las mediciones de las variaciones de velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad en sentido vertical, por medio de sondas cautivas o dispositivos análogos, a los efectos de poder estudiar el comportamiento de la inversión térmica, fenómeno fundamental en el ciclo diario del sistema estratiforme.

Una limitante adicional para este estudio, aparte de la carencia de registros climatológicos detallados, lo constituye la menor resolución (2 km) de las imágenes disponibles en el espectro infrarrojo y, desde luego, la posibilidad de hacer seguimiento al sistema, de manera sistemática, también durante las horas de la madrugada.

Dadas las repercusiones del sistema nuboso estratiforme regional sobre variados aspectos, entre los que se incluyen la incidencia de alergias, la frecuencia de incendios forestales, la disponibilidad de agua para siembras durante la temporada seca, las variaciones de la insolación y de la temperatura, las condiciones de la red vial por efectos de las lloviznas y otras implicaciones, todas importantes en una región venezolana densamente poblada, debería considerarse una prioridad la vigilancia de este sistema por parte de los organismos meteorológicos oficiales, incluyendo su posible pronóstico a corto término (*nowcasting*), en conjunción con las situaciones a escala sinóptica que pueden incidir en su formación y desarrollo.

Así mismo, hay que señalar la necesidad de que futuras investigaciones propendan a definir la climatología del

sistema nuboso estratiforme, en lo atinente a frecuencia de formación y horas de duración a lo largo del año, la extensión del área afectada, la altura y espesor alcanzado por la nubosidad, la presencia de precipitaciones asociadas y las correlaciones entre estos parámetros y el comportamiento de los principales elementos climatológicos.

Finalmente, cabe destacar el valor didáctico que revisten los recursos presentes en Internet, tales como las imágenes satelitales usadas en este trabajo, para la enseñanza de las disciplinas relacionadas con el medio ambiente, a la vez que la posibilidad que ofrecen dichos recursos para la iniciación de los estudiantes en las actividades de investigación.

REFERENCIAS

- Barry, R. & Chorley, R. (2010). *Atmosphere, Weather and Climate*. New York: Routledge
- Barry, R. (1992). *Mountain weather and climate*. London: Routledge
- Benaim-Pinto, C. (1972). Pollen of *Melinis minutiflora* Beauv. (molasses grass): An airborne biological pollutant with possible implication in the etiology of respiratory allergy; preliminary report [1972]. *Acta Científica Venezolana*, 23, 155-156
- Cavelier, J. y Goldstein, G. (1989). Mist and fog interception in elfin cloud forest in Colombia and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*. 5: 309-322
- Fletcher, R. D. (1949). A hydrometeorological analysis of Venezuelan rainfall. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 30(1), 1-9
- Foghin-Pillin, S. & Reyes, V. M. (1999). Descripción de algunas circulaciones periódicas locales en las costas venezolanas. *Terra. Nueva Etapa*, 15(24), 79-98. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/721/72102405.pdf>
- Foghin-Pillin, S. (2002). *Tiempo y Clima en Venezuela*. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador

- Foghin-Pillin, S. (2014). Evidencias de dos sistemas de circulación a meso-escala en la península de Paraguaná, Venezuela. *Revista Catalana de Geografía*, 19(48), Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/RCG/articlle/view/284316>
- Foghin-Pillin, S. (2016). Evidencias de la penetración de brisas de mar en la depresión del río Unare y Llanos de Anzoátegui. *Revista de Investigación*, 40(87), 39-62. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376146819004.pdf>
- Garratt, R. (1994). *The Atmospheric Boundary Layer*. Cambridge: Cambridge University Press
- Goldbrunner, A. W. (1984). *Atlas Climatológico de Venezuela 1951-1970*, Maracay: Servicio de Meteorología y Comunicaciones de la Fuerza Aérea Venezolana
- Henry, J. G. & Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería ambiental*. México: Prentice Hall/Pearson
- Hernández, A., Guenni, L. & Sansó, B. (2011). Características de la precipitación extrema en algunas localidades de Venezuela. *Interciencia*, 36(3), 185-191. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339/33917977005>
- Houze, R. A. (2012). Orographic effects on precipitating clouds. *Reviews of Geophysics*, 50, 1-47. Recuperado de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2011RG000365>
- In: Formentini, G, Gobbi, A., Griffo, A., Randi, P. & Giulacci, M. *Temporali e tornado*, pp. 223-311. Milano: Alpha Test
- Janković, V. & Hebbert, M. (2012). Hidden climate change – urban meteorology and the scales of real weather. *Climatic Change*, 113, 23–33. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-012-0429-1?shared-article-renderer>
- Kidd, C., Levizzani, V. & Bauer, P. (2009). A review of satellite meteorology and climatology at the start of the twenty-first century. *Progress in Physical Geography*, 33(4), 474-489. Recuperado de <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0309133309346647>
- Kidder, S. Q. & Vonder Haar, T. H. (1995). *Satellite Meteorology. An Introduction*. Boston: Academic Press
- Landaeta, L. (2016). Una propuesta de tipos pluviométricos para el estado Miranda, Venezuela. *Revista de Investigación*, 87(40), 267-294. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376146819012.pdf>
- Littmann T. (2008). Topoclimate and Microclimate. In: Breckle SW., Yair A., Veste M. (eds) *Arid Dune Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol. 200. Berlin: Springer
- Lyon, B. (2003). Enhanced seasonal rainfall in northern Venezuela and the extreme events of December 1999. *Journal of Climate*, 16(3), 2302-2306. Recuperado de <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2772.1>
- Perdomo de Ponce, D. (2009). Contaminantes aéreos y sus efectos en pacientes alérgicos del Valle de Caracas. *Gaceta Médica de Caracas*, 117(4), 274-313. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036747622009000400003&lng=es&tlng=es
- Randi, P. (2006). *Cenni e analisis storiche di meteorologia sinottica e a mesoscala*.
- Sánchez C., J. M. (1999). *Agroclimatología*. Caracas: Universidad Central de Venezuela
- Sánchez C., J. M. (1981). *Mesoclimas en Venezuela*. Caracas: Ministerio de Agricultura y Cría
- Simpson, J. (1994). *Sea breeze and local winds*. Cambridge: Cambridge University Press
- Vila, M. A. (1967). *Aspectos geográficos del estado Miranda*. Caracas: Corporación Venezolana de Fomento
- Vila, P. (1960). *Geografía de Venezuela Tomo I*. Caracas: Ministerio de Educación
- Wu, E., Clemesha, R. & Kleissl, J. (2018). Coastal stratocumulus cloud edge forecasts. *Solar Energy*, 164, 355-369