



Factores determinantes del clima

en la región productora
de caña de azúcar del
valle del río Cauca





Peña Quiñones, Andrés Javier

Factores determinantes del clima en la región productora de caña de azúcar del valle del río Cauca / Andrés Javier Peña Quiñones; Valencia Arbeláez., Julián Andrés. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Ed.) -- Cali: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, 2024.

24 p. (Agroindustria de la caña de azúcar en Colombia)

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-8449-33-3

1. Caña de azúcar. 2. Valle del río Cauca. 3. Meteorología. 4. Climatología. 5. Geografía astronómica. 6. ENOS.

I. Valencia Arbeláez., Julián Andrés. II. Título. III. Agroindustria de la caña en Colombia

558.6 CDD 23 ed.

P419

Cenicana – Biblioteca Guillermo Ramos Núñez

Cenicana © 2024

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Calle 38 norte No. 3CN-75. Cali, Valle del Cauca, Colombia

Estación experimental: San Antonio de los Caballeros, vía Cali-Florida km 26

www.cenicana.org

Producción editorial: Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación editorial: Victoria Carrillo C.

Corrección de textos: Ernesto Fernández R.

Diseño e ilustración: Alcira Arias V.

Cita bibliográfica

Peña Quiñones, A. J. & Valencia Arbeláez, J. A. (2024). Factores determinantes del clima en la región productora de caña de azúcar del valle del río Cauca. En: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Ed). Agroindustria de la caña de azúcar en Colombia. Cenicana. <https://www.cenicana.org/coleccion-agroindustria-de-la-cana-de-azucar/>

Factores determinantes del clima en la región productora de caña de azúcar del valle del río Cauca

Andrés Javier Peña Quiñones

Julián Andrés Valencia Arbeláez



Contenido

Introducción	5
Localización geoastronómica	6
Relieve	11
Cercanía a los océanos	14
Conclusión	21
Referencias	22





Introducción

De acuerdo con Cortés et al. (2019), los valores medios de los elementos del clima del valle del río Cauca y sus variaciones temporales y espaciales se explican por su cercanía tanto al océano Pacífico y a la línea del ecuador como por su ubicación entre las cordilleras Central y Occidental de los Andes colombianos. Esto quiere decir que la latitud a la que se encuentra este territorio, así como su altitud, las corrientes de vientos que se forman por efecto del relieve, la influencia de las corrientes marinas y el diferencial térmico entre océano y continente acentúan o limitan procesos atmosféricos que se ven reflejados en los valores de las variables meteorológicas de esta región y dan lugar a sus distintos tipos de climas. En este documento se describe la localización geoastronómica del valle del río Cauca, su relieve y algunas corrientes oceánicas, como variables que contribuyen a explicar las tendencias del clima en esta región.

Localización geoastronómica

Uno de los factores que determinan el comportamiento temporal del clima del valle del río Cauca es su ubicación geográfica cercana a la línea del ecuador, lo que condiciona la escasa variación de la longitud del día a través del año (**Figura 1**). En otras palabras, gracias a su posición entre los 3°N y los 5°N el valle del río Cauca es un área que podría ser referida como equinoccial, tal como la califica Patiño (1963) en su serie de libros, o ecuatorial, como la describen algunos geógrafos y climatólogos (Rangel y Aguilar, 1995; Recalde et al., 2015).

Entre los 10°N y 10°S el efecto de la inclinación del eje de rotación de la Tierra es menos marcado que en cualquiera otra parte del geode, de modo que en esta zona especial se exageran las características de las zonas tropicales, a saber:

- a. En algunas zonas tropicales, próximas a los trópicos, la diferencia entre los dos momentos en que los rayos solares impactan perpendicularmente sobre dicha latitud puede oscilar entre un mínimo de un día y un máximo de 364 días. Sin embargo, en la zona ecuatorial del norte, específicamente a los 4°N (punto medio del valle del río Cauca), el menor tiempo transcurrido entre esos dos momentos es de aproximadamente 167 días (entre finales de marzo y principios de septiembre) y el mayor tiempo es de aproximadamente 198 días (entre principios de septiembre y finales de marzo) (**Figura 2**).
- b. En la zona tropical el día más largo del año no coincide con el día que amanece más temprano o con el día que anochece más tarde, como sí sucede en zonas extra tropicales. En latitudes cercanas a los trópicos (pero tropicales), la diferencia entre el día que anochece más tarde y el día del solsticio de verano se cuenta en días y coincide con el día que amanece más temprano. En zonas ecuatoriales, la diferencia entre el día que anochece más tarde (y amanece más temprano) y el solsticio de verano es de meses (**Figura 3**).
- c. En las zonas ecuatoriales se presentan dos máximos de radiación solar al año. Este patrón en la fluctuación del valor de radiación extraterrestre es diferente al que muestran otras zonas tropicales productoras de caña de azúcar (norte), como Hawaii (USA) y Veracruz (México). En las dos localidades mencionadas se presenta un máximo de radiación al año. El patrón de fluctuación de la radiación solar en la zona ecuatorial se explica por el doble paso del sol y el incremento en el flujo de energía proveniente de él, que obedece a la ley del coseno de Lambert (Campbell y Norman, 1998). A su vez, en esta zona se percibe el efecto de la cercanía al sol a principios de año, alrededor del 4 de enero (perihelio), y el distanciamiento de él hacia el 4 de julio (afelio), lo cual determina que el primer semestre del año tenga, en teoría, mayor radiación que el segundo semestre (**Figura 4**).
- d. El efecto de la inclinación del eje de rotación del planeta es menos marcado en la zona ecuatorial, dado que sobre esta zona la radiación incide de forma casi perpendicular durante la mayor parte del año. Esto significa que no sólo se recibe una alta cantidad de energía solar por unidad de tiempo, sino que tales valores tienen poca variación a lo largo del año. La alta y permanente disponibilidad de energía en esta región genera la prevalencia de un cinturón de baja presión, que a

su vez es intensificado por la confluencia de los vientos alisios de los dos hemisferios a través de la celda de Hadley. El cinturón de baja presión, conocido como vaguada ecuatorial, ecuador climático o zona de convergencia intertropical, no es estático y se mue-

ve siguiendo el movimiento aparente del sol (ver Figura 2). Por lo anterior, es común que en las zonas ecuatoriales los elementos del clima se vean afectados por sistemas de baja presión por lo menos dos veces al año (Figura 5).

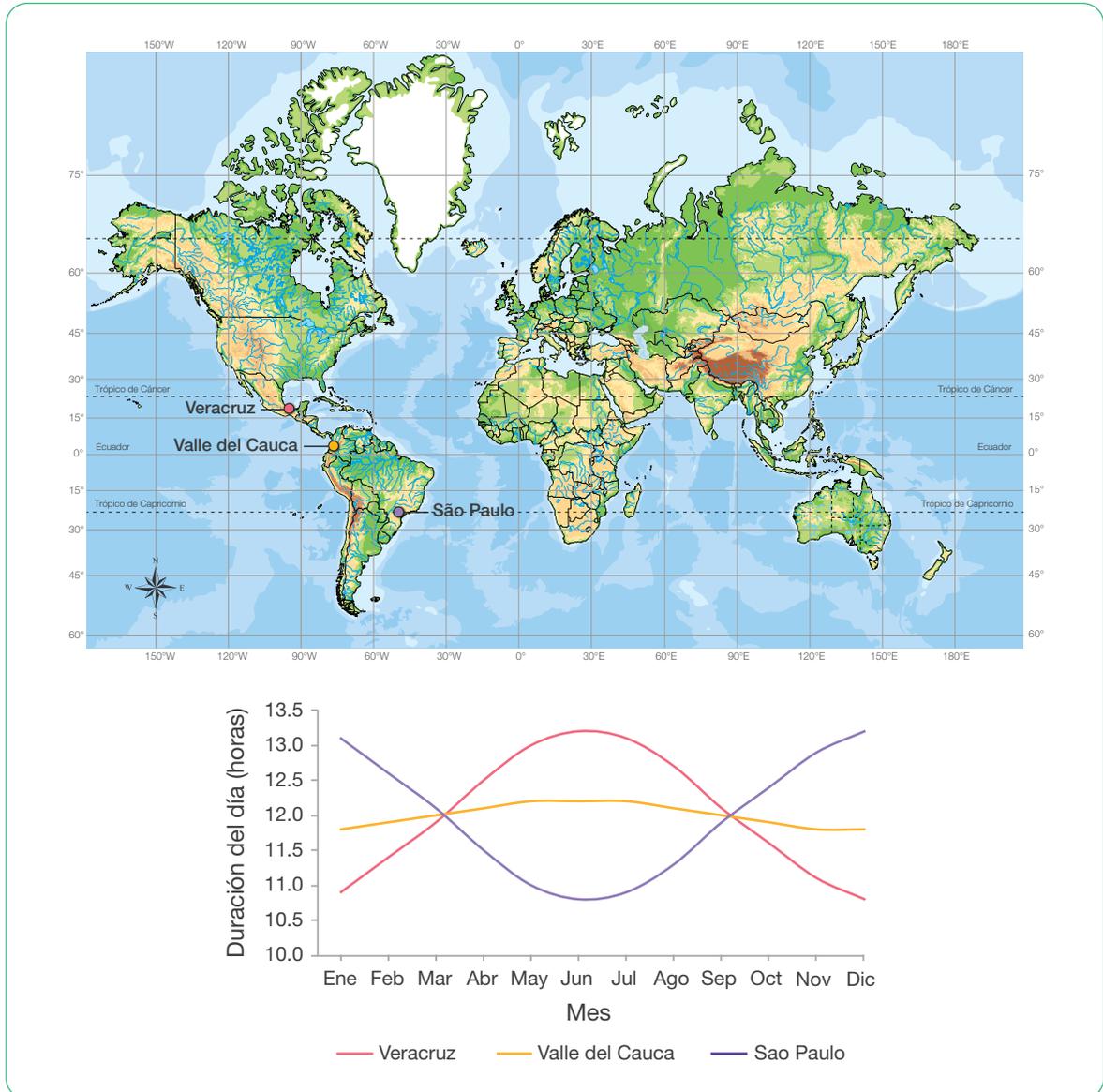


Figura 1. Variación de la longitud del día a escala mensual (como promedio del dato de la última década del mes). Obsérvese cómo se incrementa la diferencia entre el día más largo y el día más corto del año a medida que aumenta la latitud. Esta diferencia es de menos de media hora en la zona central del Valle del Cauca (San Pedro) y de alrededor de dos horas en las zonas productoras de caña de Brasil (São Paulo) y México (Veracruz).

Fuente: Smithsonian Institution (1896).

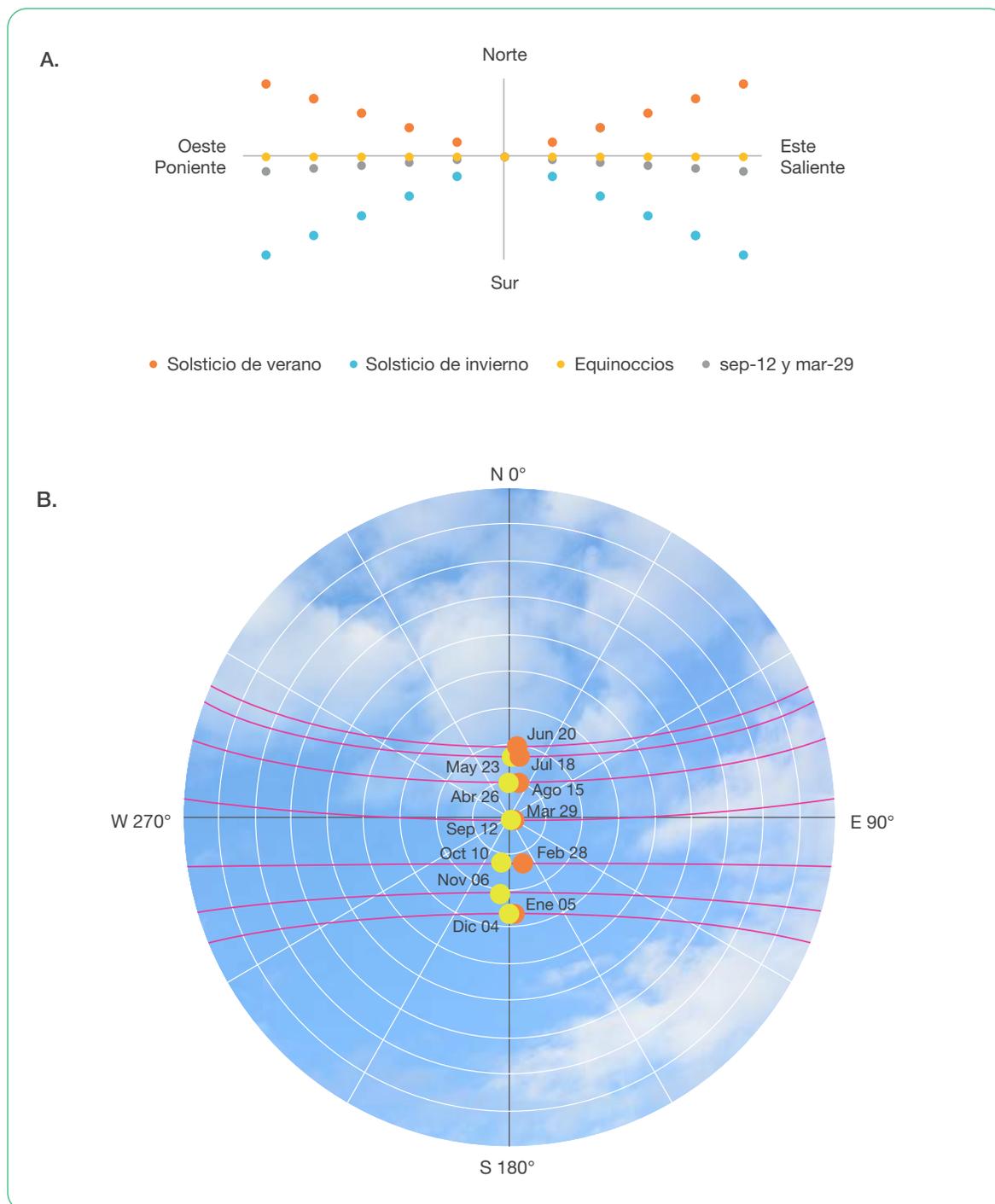


Figura 2. Ángulos azimutales diarios y horarios calculados con base en Campbell y Norman (1998). Arriba (A), ángulos azimutales calculados para una localidad a 4 grados de latitud norte durante los solsticios y equinoccios, a la vez que se muestran las fechas en las que el sol sale por el este y se pone por el oeste (12 de septiembre y 29 de marzo). Abajo (B), cambios de azimut horarios por efecto del día del año. Nótese como a finales de marzo el sol deja su componente sur (al medio día solar) para darle paso al componente norte; por el contrario, a principios de septiembre el sol pierde su componente norte y adquiere componente sur.

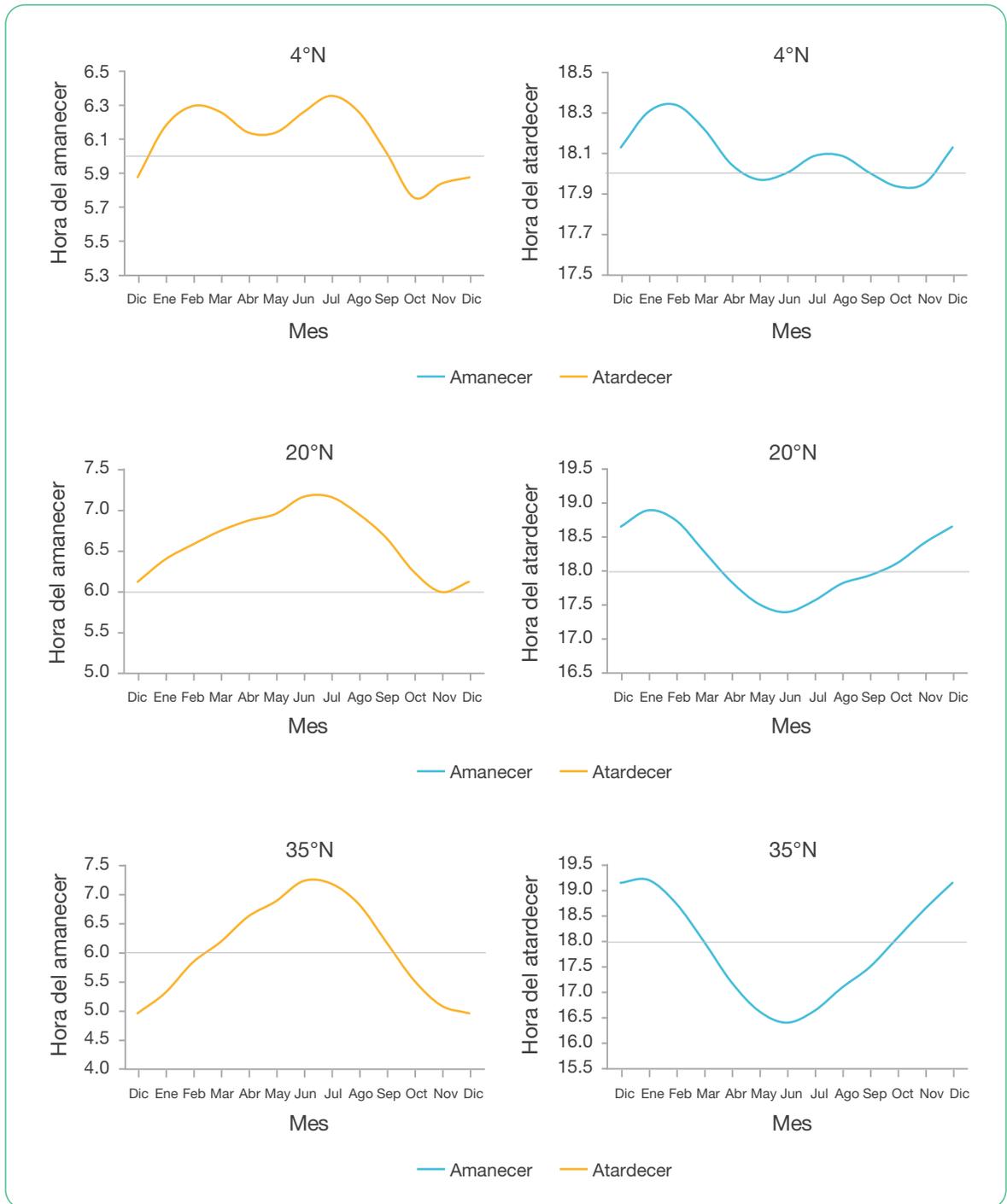


Figura 3. Hora aproximada del amanecer y la puesta del sol a diferentes latitudes (4°N, 20°N y 35°N). Se nota que, efectivamente, en las zonas ecuatoriales (4°N) hay un desfase de tiempo importante entre el día más largo del año y el día que amanecer más temprano o el día que anochece más tarde. Por el contrario, esos tres días coinciden en latitudes extra tropicales (35°N) y son cercanos en latitudes tropicales no ecuatoriales (20°N).

Fuente: <http://www.solartopo.com/daylength-course-of-the-year.htm>

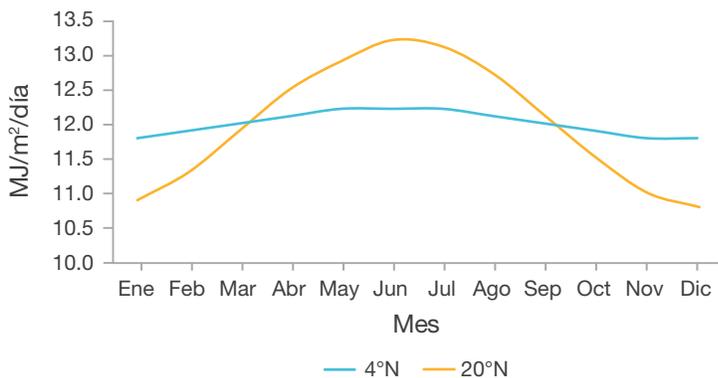


Figura 4. Radiación extraterrestre diaria medida el día 15 de cada mes en dos sitios tropicales, uno ecuatorial (4°N) y otro no ecuatorial (20°N).

Fuente: Allen (1998)

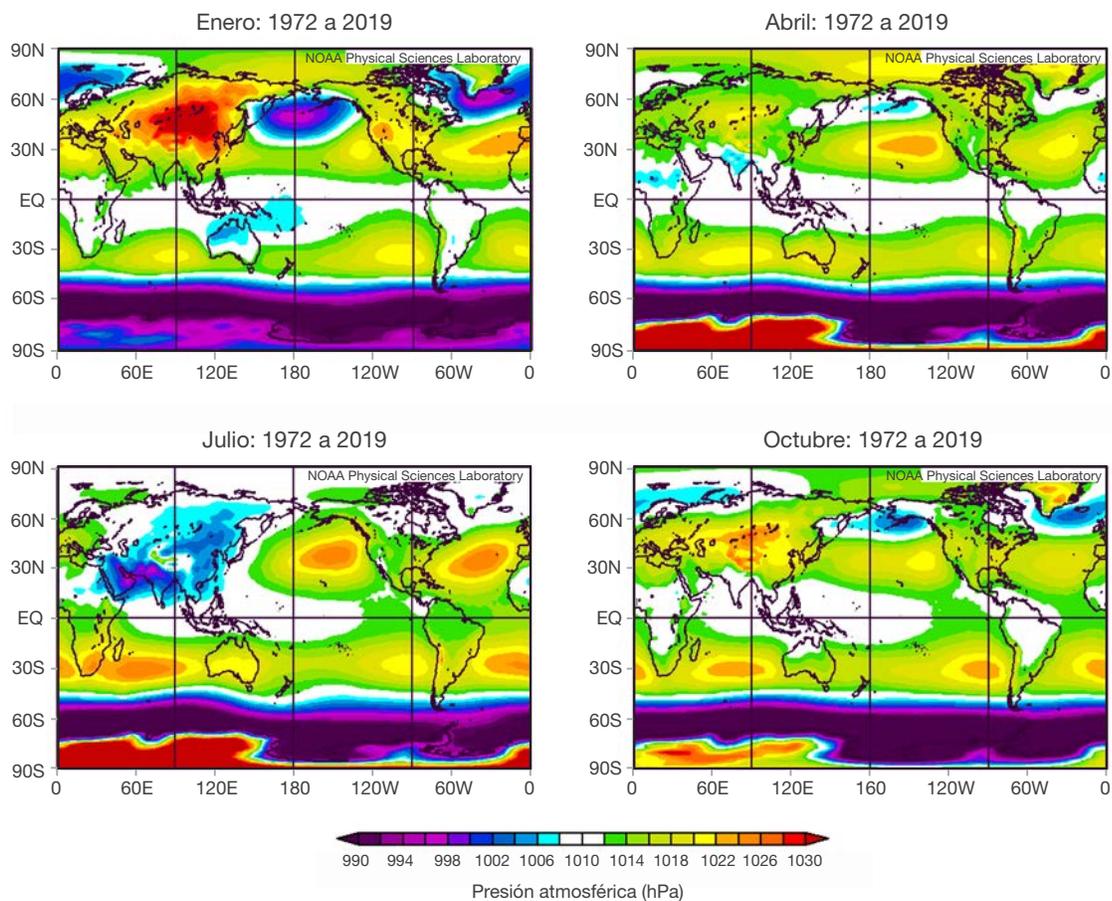


Figura 5. Patrón espacial de la presión atmosférica (hPa) en cuatro meses del año. Se destaca la constante baja presión ecuatorial, la cual se intensifica dos veces al año por efecto del ecuador climático.

Fuente: ventanas del navegador <https://psl.noaa.gov/data/gridded/index.html> (Compo et al., 2011).

Relieve

El valle del río Cauca es una planicie o llanura aluvial ubicada a 1000 metros de altura sobre el nivel del mar (promedio), localizada en medio de las cordilleras Central y Occidental que hacen parte de la cadena montañosa de los Andes que en el sur de Colombia se divide en tres ramales, incluida la cordillera Oriental. Como los Andes, las cordilleras Central y Occidental tienen orientación norte-sur, característica que determina que el valle del río Cauca, cuenca alta, sea alargado

en ese sentido (Chica et al., 2021). La distancia entre el punto más sur del valle del río Cauca, en Santander de Quilichao (departamento del Cauca), y el más norte, en Viterbo (departamento de Caldas), es de solo 240 km. El ancho del valle (este-oeste) varía: alcanza su máxima amplitud (aproximadamente 30 km) cerca de los 3.3 grados de latitud norte y se reduce hasta tener 10-12 km en promedio alrededor de los 4 grados de latitud norte (Figura 6).

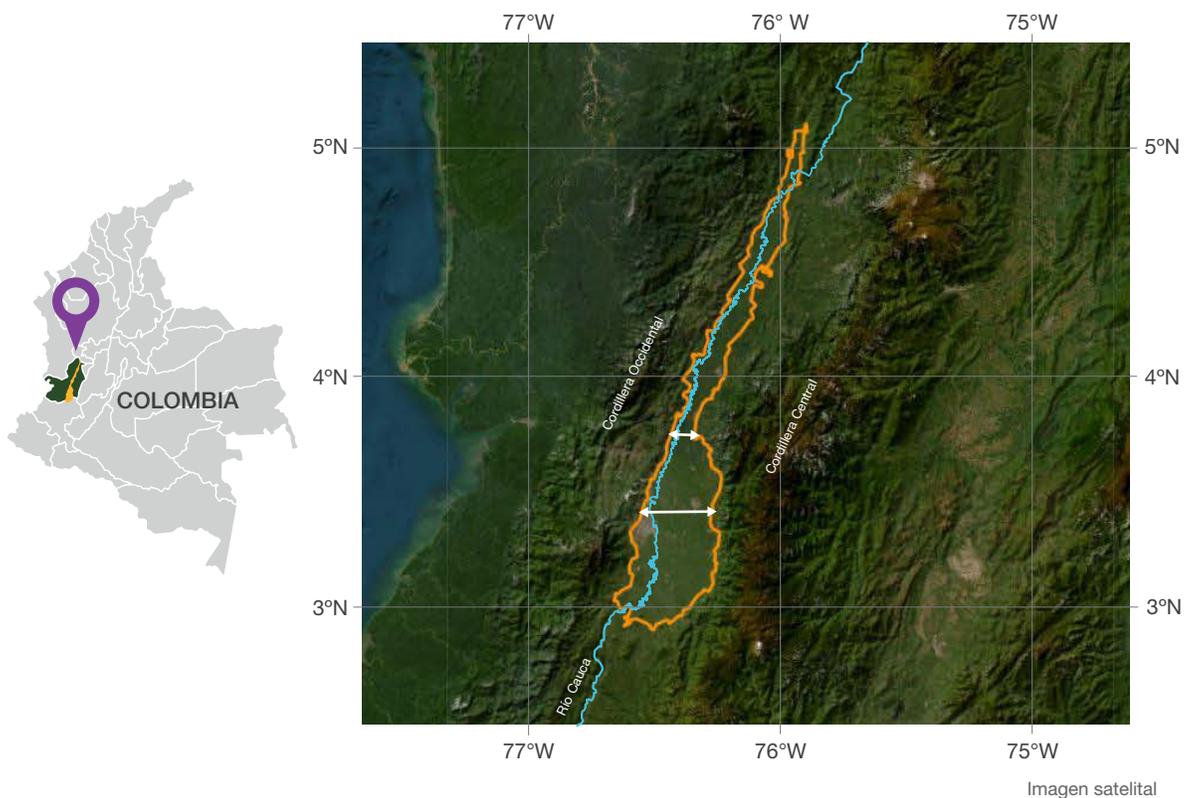


Figura 6. Delimitación de la llanura aluvial del valle del río Cauca, que muestra las cordilleras Central y Occidental así como su forma, amplia en el sur y estrecha en el norte.

Fuente: Meteorportal (<https://www.cenicana.org/geoportal/>)

De acuerdo con López et al. (2009), esta variación en la amplitud del valle se debe a un frente de cabalgamiento desarrollado en la terminación occidental del sistema transcurrente dextro lateral controlado por la Falla de Ibagué, conocido comúnmente como la saliente de Buga. Por lo tanto, en forma idealizada, el valle del río Cauca se concibe como un canal ancho en el sur y estrecho en el norte, por el que fluye en sentido sur-norte el río que da origen a su nombre (Preciado et al., 2020). Lo anterior significa que el sur es, en promedio, más alto sobre el nivel del mar. Por ende, es claro que el valle tiene tres tramos bien diferenciados por su pendiente en el sentido que corre el río Cauca: el tramo entre Santander de Quilichao y el sur de Candelaria y Jamundí, donde la pendiente es abrupta; el tramo entre

Candelaria (Jamundí) y Guacarí (Yotoco), de muy baja pendiente, y el tramo entre Yotoco (Guacarí) y La Virginia (Pereira), donde la pendiente vuelve a ser alta. El punto más bajo se encuentra en la desembocadura del río Risaralda (Figura 7).

Las cordilleras (paredes del canal) son fuente de sedimento para el valle y una barrera para los vientos que fluyen desde el este y desde el oeste. La cordillera Central no solo es más antigua que la cordillera Occidental sino que tiene mayor altura que ella (Figura 8). La Occidental viene en un proceso de surgimiento desde las profundidades del Pacífico debido al choque de la placa oceánica contra el continente (Nivia, 2001), mientras que la Central se formó en el Mesozoico, es decir, hace aproximadamente unos 220 millones

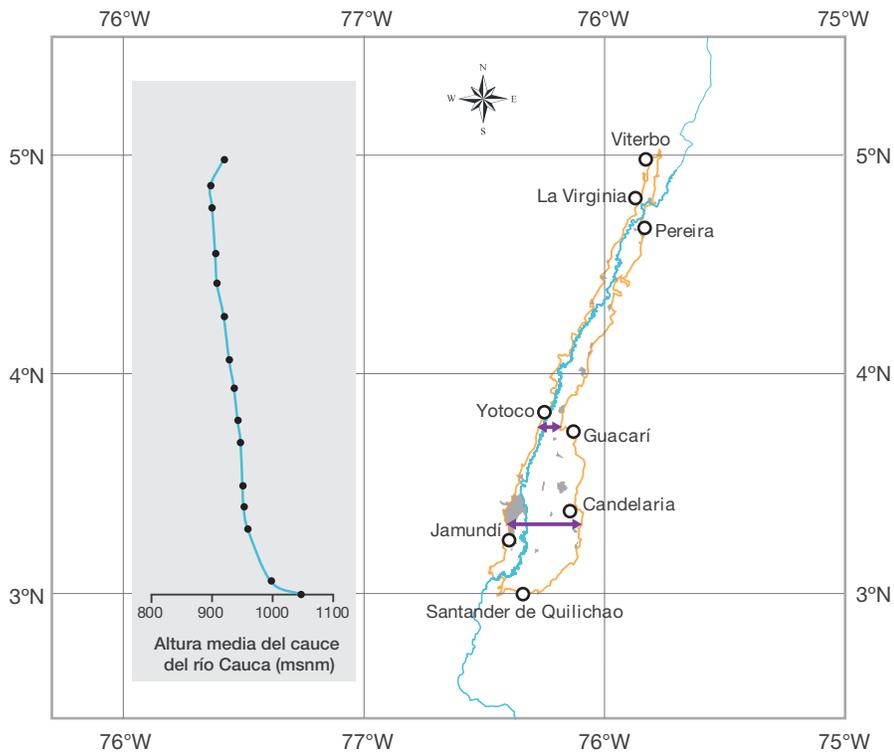


Figura 7. Altura media sobre el nivel del mar del cauce del río a diferentes latitudes (izquierda); el valle del río Cauca como un canal ancho en el sur y estrecho en el norte (mapa, derecha).

de años. A lo largo de su recorrido por el valle del río Cauca, que nace en la parte alta de la cordillera Central (departamento del Cauca), se nutre con las aguas que escurren de las dos cordilleras (paredes del canal). Como resultado de este proceso, los sedimentos se acumulan en el valle en forma de abanicos aluviales.

Los abanicos aluviales o conos de deyección son geformas típicas de drenajes torrenciales, que se producen por la acumulación sucesiva de materiales aluviales arrastrados desde las cordilleras durante las crecientes de los ríos. Según Quintero (2009), varios de los afluentes de la margen derecha del río Cauca han formado abanicos aluviales que abarcan kilómetros de extensión, mientras que en la margen izquierda estos aba-

nicos tienen menor área. Esta condición, asociada a la alta pluviosidad en la cordillera Central con respecto a la Occidental (dentro del valle), determina el alineamiento del río Cauca hacia la margen izquierda (Figura 8), razón por la cual el cauce del río se recuesta sobre la cordillera Occidental.

En forma idealizada, el valle del río Cauca se concibe como un canal ancho en el sur y estrecho en el norte, por el que fluye en sentido sur-norte el río que da origen a su nombre.

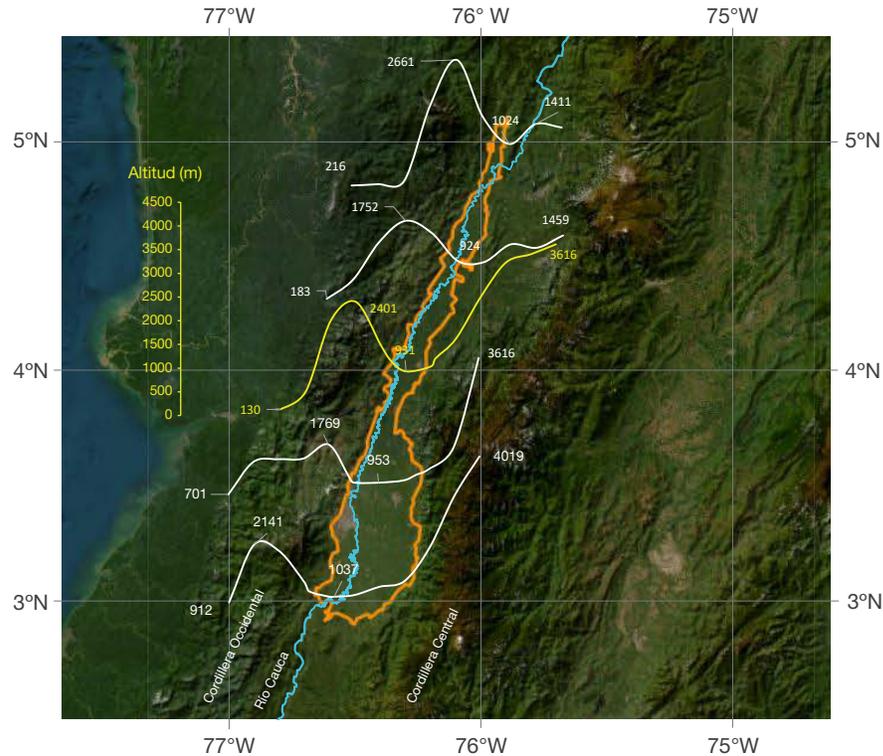


Figura. 8. Transectos altitudinales entre las cordilleras Occidental y Central (75° a 77° Oeste) a cinco diferentes latitudes (3°, 3.5°, 4°, 4.5° y 5°), que muestran la baja altura de la cordillera Occidental con respecto a la Central.

Cercanía a los océanos

Poveda (2004), influenciado por el trabajo de Snow (1976), explica que para entender muchos de los fenómenos de variabilidad climática en nuestro país se debe pensar en Colombia como “una isla en medio de tres océanos”. Además del Pacífico y el Atlántico, las altas humedades presentes en la cuenca amazónica, que se transportan vía alisios del sureste, explican el porqué de tal aseveración. En general, el efecto de los océanos sobre el clima es más notorio sobre los litorales, zonas en donde la diferencia entre la capacidad calórica específica del agua y la del terreno determina cambios temporales muy marcados en los flujos de aire.

El ejemplo clásico de este fenómeno son las brisas de tierra y mar, hecho típico de los litorales, que no es otra cosa sino el cambio drástico (180°) y periódico (día-noche) del flujo en el campo del viento: del mar a la tierra durante el día y de la tierra a la mar durante la noche (Llaugé, 1971). Si bien es un fenómeno común en las zonas costeras, en condiciones orográficas particulares como las del valle del río Cauca la brisa del litoral Pacífico, e incluso la del Atlántico, pueden atenuar o fortalecer características de sequedad o humedad que restringen o favorecen la agricultura. A este respecto, fenómenos como la “brisa valle arriba”, que determina la presencia marcada de viento del norte en la región, están influenciados por ese efecto en la costa caribe colombiana, en tanto la sequedad en la margen izquierda del valle que surca el río Cauca con respecto a la margen derecha puede explicarse como un efecto de las brisas del Pacífico e incluso de la Amazonia. Sin embargo, esta brisa es solo uno de los modos como los océanos influyen en el clima de la región.

Otra forma de afectación del tiempo atmosférico asociada con la condición del Caribe son las

ondas del este, perturbaciones de la baja troposfera tropical que viajan en el flujo del este a bajas latitudes (Figura 9). Estas ondas tienen unos pocos miles de kilómetros de extensión y un periodo de recurrencia entre 4 y 7 días (Riehl, 1954). Aunque se presume que las ondas del este tienen su origen en el África subsahariana (Burpee, 1972), es posible que en su viaje al oeste el calor latente generado desde la superficie del Atlántico las alimente. Por tal motivo estas ondas se acentúan y son más comunes entre la primavera y el verano del hemisferio norte. En ese sentido, cuando el mar Caribe alcanza mayores temperaturas existe la posibilidad de que las ondas del este puedan convertirse en tormentas tropicales. Estas perturbaciones generan cambios importantes en el tiempo atmosférico, no solo en el Caribe sino en la región andina colombiana (Poveda, 2004). Esto se debe a la interacción entre el aire húmedo que procede del este y las cordilleras.

Como se observa en la Figura 9, las ondas del este también están determinadas por la fuerza del anticiclón de las Azores, sistema de alta presión que igualmente determina la fuerza misma de los alisios del noreste. Por esta razón, la Oscilación del Atlántico Norte, por sus siglas en inglés) genera cambios en el estado del tiempo entre marzo y agosto, especialmente en el norte del país (Gil et al., 1998).

El efecto de los océanos sobre el clima es más notorio sobre los litorales, zonas en donde la diferencia entre la capacidad calórica específica del agua y la del terreno determina cambios temporales muy marcados en los flujos de aire.

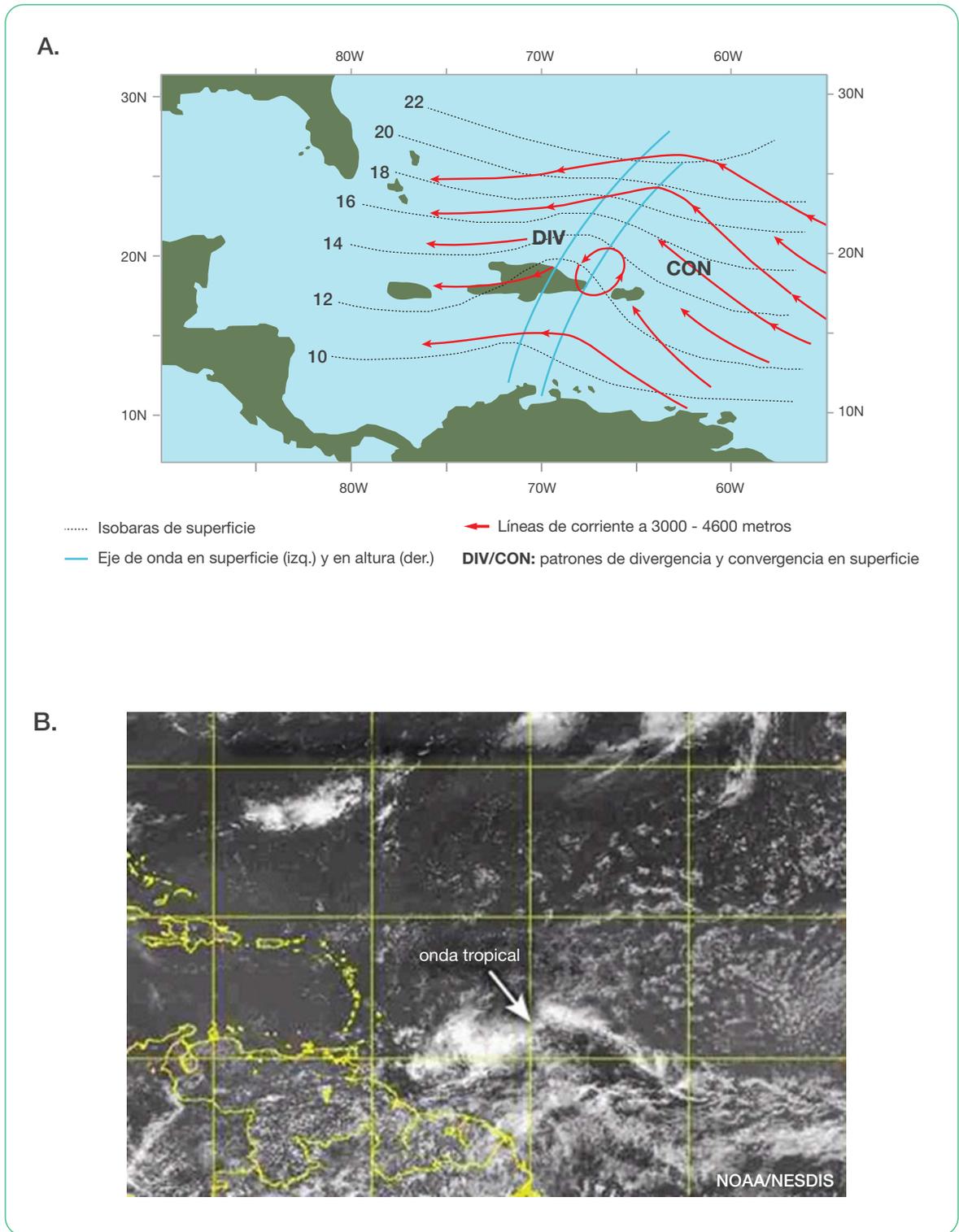


Figura 9. Deformación típica en forma de “v” de las ondas del (A) e imagen satelital en la que se detecta una onda del este frente a las costas de Guyana Francesa (B).

Fuente: The Comet Program (http://www.chanthaburi.buu.ac.th/~wrote/met/tropical/textbook_2nd_edition/navmenu.php_tab_9_page_3.4.1.htm)

La NAO es un fenómeno caracterizado por diferencias temporales en el gradiente de presión que existe entre la baja islandesa y la alta de las Azores, y aunque fundamentalmente determina las variaciones climáticas en el norte de Europa, su efecto alcanza a definir algunos cambios en el clima de Colombia, como ya se mencionó (Figura 10).

Un fenómeno similar a la NAO se presenta en el Pacífico tropical, donde cada cierto tiempo se generan diferencias en el gradiente de presión existente entre el anticiclón subtropical del Pacífico sur y la zona de bajas presiones al norte de Australia. Igual que la NAO, este fenómeno tiene una fase positiva y una negativa. En su fase positiva el anticiclón atenúa su intensidad y da lugar a un debilitamiento de los alisios del sureste, mientras que en la fase negativa ocurre lo contrario: se incrementa la intensidad del anticiclón y de los alisios del sureste. Cuando esto ocurre sobre la superficie del Pacífico, que ocupa casi la mitad del diámetro terrestre, los cambios en la intensidad de los vientos generan cambios en la temperatura superficial del mar. Este fenómeno de cambios de presión atmosférica, nominado como la Oscilación del Sur (OS), da pie a variaciones inusitadas en la temperatura de la superficie del Pacífico oriental, lo que se conoce como El Niño (fase positiva) y La Niña (fase negativa). Por eso el fenómeno se denomina ENOS: la combinación entre el fenómeno oceánico y el fenómeno atmosférico (Figura 11).

Como se mencionó, la cuenca del Pacífico es inmensa, por lo cual los cambios en la temperatura de su superficie influyen en el clima global a través de las llamadas ‘teleconexiones’ (Figura 12). Además de este fenómeno, muy conocido, en el Pacífico se presenta otra perturbación asociada al anticiclón subtropical del Pacífico sur, que incide directamente sobre Colombia. Desde el litoral chileno hasta las costas del norte de Ecuador, los vientos generados por el sistema de alta presión determinan una dirección predominantemente sur en los vientos que bordean el continente. Sin embargo, sobre las costas co-

lombianas (hemisferio norte) estos vientos de componente totalmente sur (alisios) se recurvan hacia el este (soplando desde el oeste, Figura 13) y muestran el comportamiento típico de los flujos transecuatoriales (Hastenrath, 1991), llevando humedad desde el Pacífico hacia Colombia durante la mayor parte del año, lo cual, sumado a factores orográficos y de la posición cuasi permanente de una baja en ese sector (Panamá o Chocó), define la corriente en chorro sobre latitudes cercanas a los 5°N (Poveda y Mesa, 1999).

En el valle del río Cauca el ejemplo más claro de la interacción de los diversos factores climáticos lo constituye el efecto Föhn, que afecta una parte de la zona productora de caña de azúcar. En este caso, el flujo del viento del oeste proveniente del litoral pacífico, potenciado por la brisa mar-tierra durante el día sobre la vertiente occidental de la cordillera Occidental, determina características climáticas únicas en varias localidades del valle del río Cauca. De acuerdo con Armenta (2013), cuando a una corriente de aire se interpone un obstáculo (montaña) se ve forzada a ascender, lo que propicia el enfriamiento adiabático del aire. Si la masa de aire tiene suficiente humedad, el aire en ella puede llegar a condensarse (liberación de calor latente) y producir nubes verticales. Si estas nubes precipitan del lado que sopla el viento (barlovento), el aire queda más seco. Este aire frío y más seco desciende por la ladera de sotavento (del lado contrario de donde proviene el aire) y se recalienta por compresión adiabática, llegando a tener temperaturas mayores que en barlovento. Este fenómeno es el efecto Föhn.

En el valle del río Cauca el ejemplo más claro de la interacción de los diversos factores climáticos lo constituye el efecto Föhn, que afecta una parte de la zona productora de caña de azúcar.

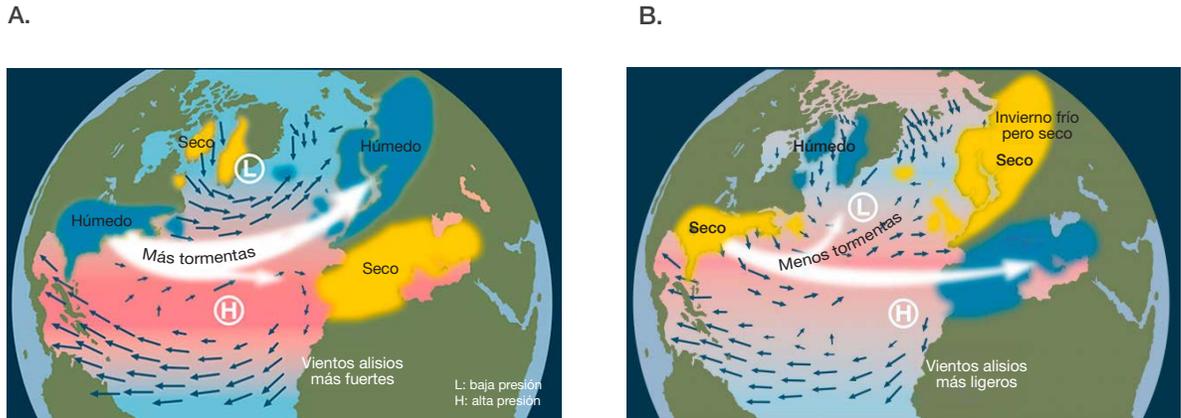


Figura 10. Oscilación del Atlántico Norte, NAO: fase positiva (A) y fase negativa (B). Obsérvese el debilitamiento en los alisios en la fase negativa.

Fuente: <https://www.yachtingworld.com/weather/how-the-north-atlantic-oscillation-affects-european-and-atlantic-weather-105954>

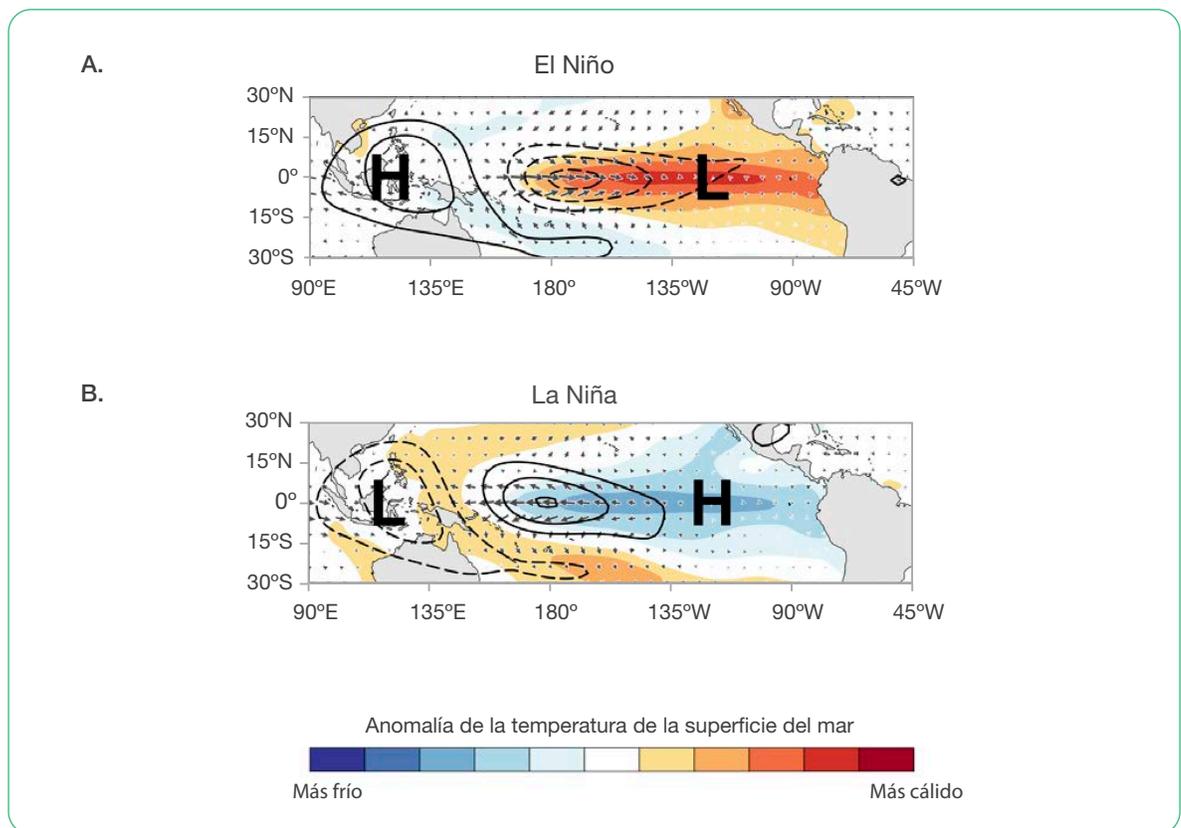
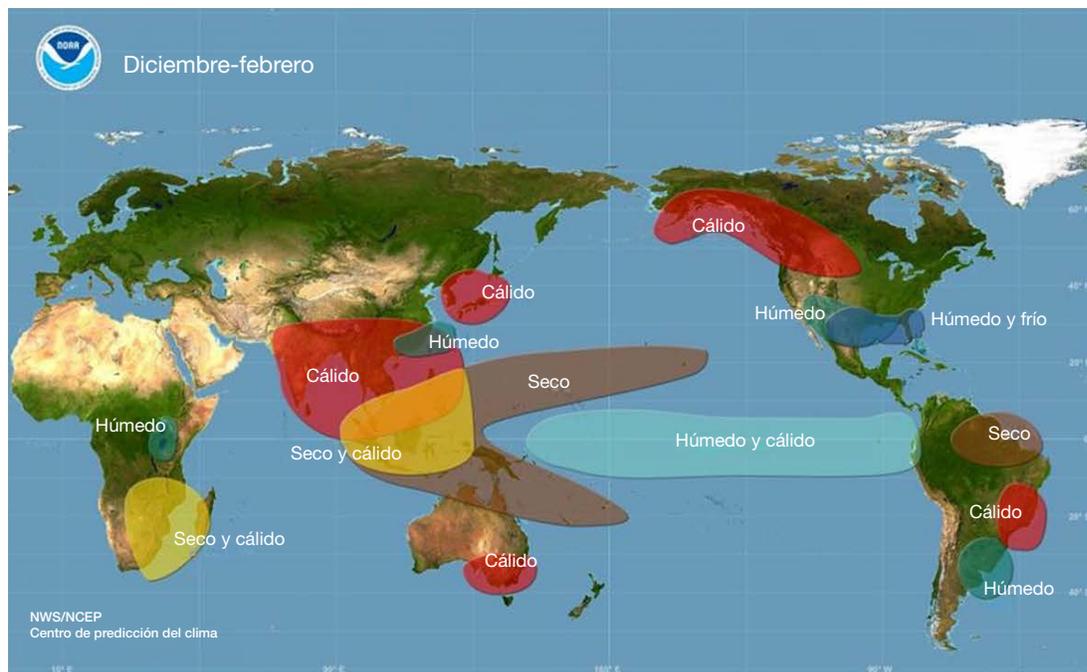


Figura 11. Representación del ENOS (Oscilación del Sur), que muestra cómo el cambio en el gradiente de presión (L: baja; H: alta) afecta el flujo de aguas cálidas desde el Pacífico oeste hacia el este durante El Niño (A) e intensifica el flujo de agua fría desde el oriente hacia el occidente durante La Niña (B).

Fuente <https://phillyweatherauthority.com/madden-julian-oscillation/>

A.



B.

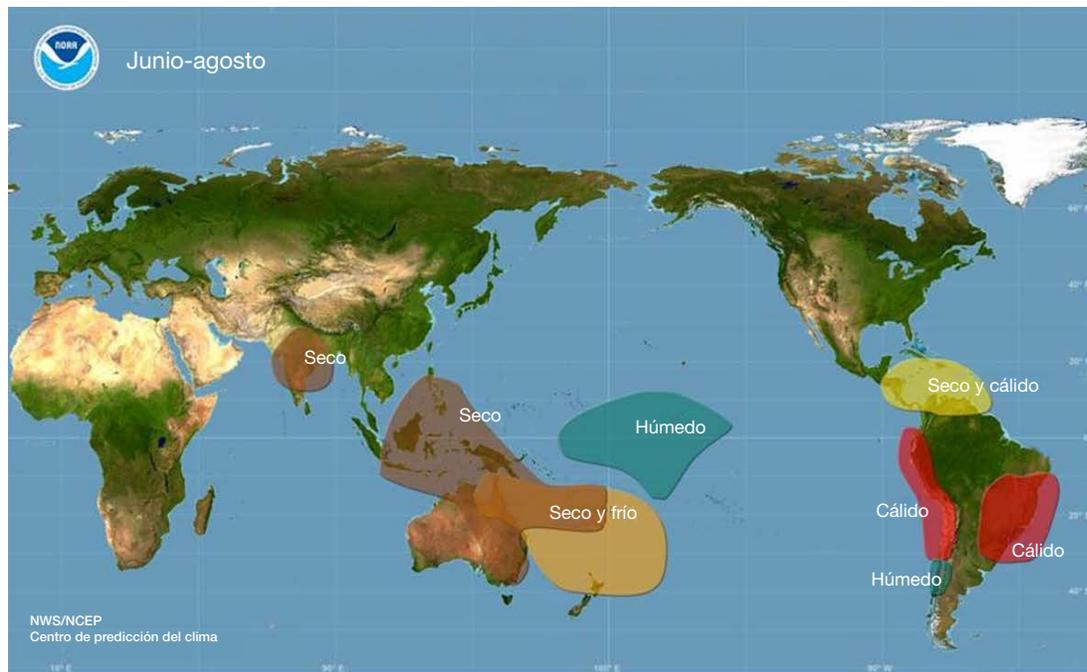


Figura 12. Teleconexiones o efectos a larga distancia atribuidos a la presencia de un evento El Niño. Nótese que el efecto es diferencial según la época del año: invierno (A) y verano boreal (B).

Fuente: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/ENSO/ENSO-Global-Impacts/>

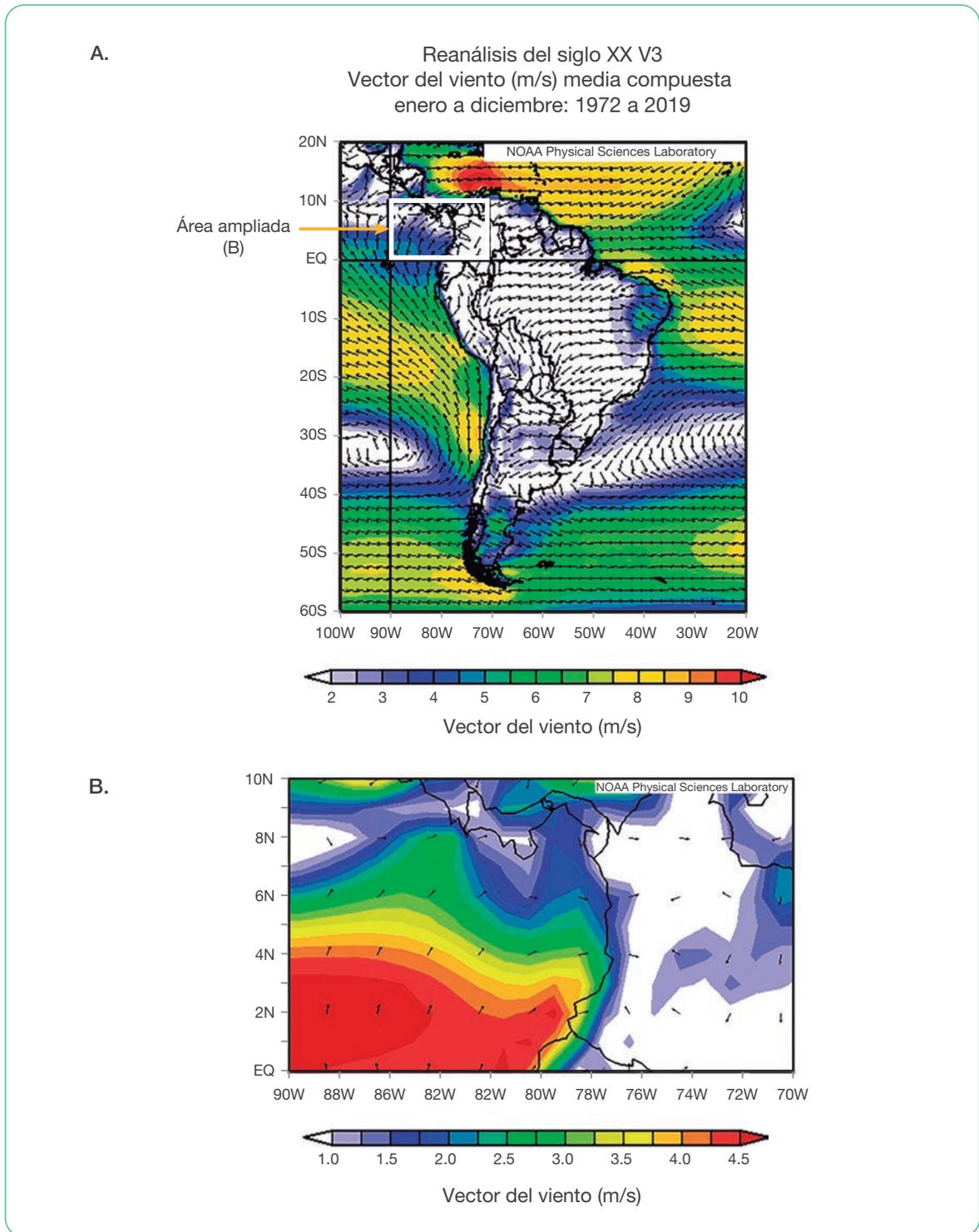


Figura 13. Campo medio del viento sobre el continente suramericano. Se nota claramente el predominio de vientos del sur en las costas de Suramérica y su acercamiento sobre el occidente de Colombia (A). Se aprecia nítidamente el predominio del flujo del oeste sobre Colombia (B).

Fuente: ventanas del navegador <https://psl.noaa.gov/data/gridded/index.html> (Compo et al., 2011).





Conclusión

Se ha querido enmarcar la región productora de caña de azúcar del valle del río Cauca en el contexto tropical. Sin embargo, con respecto a otras regiones tropicales el valle del río Cauca exhibe condiciones especiales que se traslucen en diferencias importantes no solo climáticas sino también productivas. Por lo tanto, para entender el sistema de cultivo de la caña de azúcar en nuestra región debemos partir del hecho de que se produce en un contexto andino ecuatorial, que determina escasas variaciones temporales en algunos elementos del clima, pero variaciones espaciales muy grandes en los valores de las variables climáticas en transectos cortos. Por ello es importante entender que la variabilidad climática es una expresión de las interacciones entre la latitud y la orografía en una macroescala en que cuenta el poder de los océanos como reguladores del clima. Por lo tanto, querer explicar las variaciones de los valores de los elementos del clima a escala local solo con una tabla que caracteriza los valores de la temperatura superficial del mar es poco preciso e incluso trivial. La condición troposférica en un momento dado surge de la interacción entre muchos determinantes de ese estado. A pesar de que en este documento solo se describen de forma general tres factores que confluyen en la determinación del clima en el valle del río Cauca, se ha pretendido brindar herramientas para entender por qué la temperatura del aire es mayor en el norte (zonas más bajas del valle), o por qué el viento tiene componente primordial norte (disposición norte-sur del valle), o por qué llueve más en mayo que en julio (ZCIT).

Referencias

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 298 pp.
- Armenta, G. (2013). Análisis detallado del efecto Föhn generado por la cordillera Oriental en el alto Magdalena (Huila y Tolima). Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en Ciencias – Meteorología. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://bdigital.unal.edu.co/11389/1/194144.2013.pdf>
- Burpee, R. (1972). The origin and structure of asterly waves in the Lower Troposphere of North Africa. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 29(1), pp. 77-90.
- Campbell, G.; Norman, J. (1998). An introduction to environmental biophysics. Second edition. Springer, 286 pp.
- Chica Ramirez, H.A., Gómez Gil, L.F., Bravo Bastidas, J.J. et al. (2021). Site-specific intra-annual rainfall patterns: a tool for agricultural planning in the Colombian sugarcane production zone. *Theor Appl Climatol* 146, 543–554 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03755-1>
- Compo, G.; Whitaker, J.; Sardeshmukh, P.; Matsui, N.; et al. (2011). The twentieth century reanalysis project. *Q J R Meteorol Soc* 137:1–28. <https://core.ac.uk/download/pdf/187861008.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC (2009). Humedales del valle geográfico del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación. Primera edición.
- Gil, M.; Quiceno, N.; Poveda, G. (1998). Efecto del ENSO y la NAO sobre el ciclo anual de la hidrología de Colombia: análisis de correlación, reanálisis de NCEP/NCAR y modelos de pronóstico. *Avances en Recursos Hidráulicos*, 5, pp. 41-53.
- Hastenrath, S. (1991). *Climate dynamics of the tropics*. Kluwer Academic Publishers, 488 pp.
- Llaugé, F. *¿La meteorología?... ¡Pero si es muy fácil!* Marcombo, S.A. Barcelona. 220 pp.
- López, M.; Moreno, M.; Audemard, F. (2009). Deformación tectónica reciente en los piedemontes de las cordilleras Central y Occidental, Valle del Cauca, Colombia. *Boletín de Geología*, 31 (1), pp. 11-29.

- Nivia, A. (2001). Mapa geológico del departamento del Valle del Cauca, memoria explicativa. Ministerio de Minas y Energía. Colombia.
- Patiño, V.M. (1963). Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial I: Frutales. Cali. Imprenta Departamental.
- Preciado Vargas, M., Chica Ramírez, H.A., Solarte Rodríguez, E., Carbonell González, J.A., y Peña, A.J. (2020). Regional wind pattern, a basis for defining the appropriate lapse of time for sugarcane burning in the Cauca Valley (Colombia). *Environment, Development and Sustainability*, 23, 9477-9492.
- Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala interdecadal hasta la escala diurna. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 28(107), pp. 201-222.
- Poveda, G.; Mesa, O. (1999). La corriente en chorro superficial del oeste (del Chocó) y otras dos corrientes de chorro en Colombia: climatología y variabilidad durante las fases del ENSO. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23(89), pp. 517-528.
- Quintero, H. (2009). La geología y el equilibrio de los humedales dentro del sistema fluvial del río Cauca. En M. Salazar et al. (eds.). *Humedales del valle del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación*, pp. 25-29. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC.
- Rangel, O.; Aguilar, M. (1995). Una aproximación sobre la diversidad climática en las regiones naturales de Colombia. En: O. Rangel (ed.). *Colombia Diversidad Biótica I*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. pp. 25-77.
- Recalde, C.; Cisneros, C.; Vaca, D.; Ramos, C. (2015). Relación de la transmitancia atmosférica con la heliofanía y la diferencia de temperaturas extremas diarias en la zona ecuatorial andina. *Información tecnológica*, 26(1), pp. 143-150.
- Riehl, H. (1954). *Tropical meteorology*. McGraw-Hill Book Company, New York. 392 pp.
- Smithsonian Institution (1896). *Meteorological tables. Based on Guyot's meteorological and physical tables*. Smithsonian Institution, Washington, USA. pp. 166-177.
- Snow, J. (1976). The climate of Northern South America. En W. Schwerdtfeger (ed.). *Climates of Central and South America*, pp 295-403.



LOS AUTORES

Andrés Javier Peña Quiñones

Ingeniero Agrónomo, egresado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, obtuvo su maestría en Ciencias, área Meteorología, en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y su doctorado en Ingeniería Biológica y Agrícola en la Universidad del Estado de Washington, en Estados Unidos. Con más de 20 años de experiencia en el ejercicio de la Agroclimatología y más de 40 artículos publicados, estuvo vinculado entre 2018 y 2020 al Programa de Agronomía de Cenicaña y en la actualidad es investigador asociado de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) en el Centro de Investigación La Libertad, en la ciudad de Villavicencio.

Julián Andrés Valencia Arbeláez

Ingeniero Agrónomo, egresado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas, obtuvo su maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Universidad de Manizales y su doctorado en Ciencias Agrarias en la Universidad de Caldas. Con más de 10 años de experiencia en el ejercicio de la Agroclimatología y más de 10 artículos publicados, estuvo vinculado entre 2012 y 2014 a la disciplina de agroclimatología de Cenicafé, desde el 2013 hasta el 2022 como docente de agroclimatología en la Universidad de Caldas y la Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal y en la actualidad es investigador líder en agroclimatología del Centro de Investigaciones del Banano (Cenibanano) perteneciente a la Asociación de Bananeros de Colombia, AUGURA.



Factores
determinantes
del clima
en la región productora
de caña de azúcar del
valle del río Cauca

www.cenicana.org