



Análisis de los eventos de sequía meteorológica e hidrológica de la quebrada “La Lejía” en el municipio de Durania, Norte de Santander.

Analysis of meteorological and hydrological drought events in the “La Lejía” stream in the municipality of Durania, Norte de Santander.

Granados H. Michel¹, Rivera M. Esther¹

¹*Universidad de pamplona, Programa Ingeniería Ambiental, Grupo de Investigación GIAAS, Grupo de Investigación GIBA, Semillero SIAAS, Semillero SECIAL, Colombia.*

✉ Correo electrónico: michel.granados@unipamplona.edu.co;  <https://orcid.org/0009-0002-1026-4467>

✉ Correo electrónico: maes@unipamplona.edu.co;  <https://orcid.org/0000-0002-1289-9776>

Recibido: agosto 16 de 2024; Aceptado: diciembre 20 de 2024

RESUMEN

Introducción: Las sequías suponen una de las problemáticas ambientales más preocupantes en los últimos años, ya que del recurso hídrico depende la calidad de vida de los seres humanos y el mantenimiento de los ecosistemas. La falta de agua puede generar impactos muy graves en diferentes ámbitos. En la última década, el municipio de Durania ha enfrentado varios eventos de sequía causados por las altas temperaturas y bajas precipitaciones que afectan a todo el departamento de Norte de Santander, producto del fenómeno de variabilidad climática “El Niño” y al calentamiento global. La ocurrencia de sequías puede provocar racionamiento de agua a la comunidad, así como pérdidas económicas en sectores como la agricultura y la ganadería, afectando directamente la

Autor correspondencia: Granados H. Michel ✉ Correo electrónico: michel.granados@unipamplona.edu.co

economía del municipio y la disponibilidad de alimentos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de la zona. Además, puede generar impactos negativos a la flora y fauna de la zona. Analizar cómo afectan los fenómenos de sequía a la agricultura puede ayudar a que los agricultores planeen de mejor manera sus cultivos para evitar pérdidas grandes. Objetivo: Es analizar los eventos de sequía meteorológica e hidrológica en la quebrada “La Lejía” del municipio de Durania, Norte de Santander. Metodología: Primero, se obtuvo los parámetros físicos, de forma, relieve y drenaje de la cuenca utilizando el modelo digital de terreno obtenido en Global Mapper versión Trial y QGIS versión libre y gratuita. Después, se calcularon los índices climáticos y las anomalías, en función de las variables de temperatura y precipitación, de la plataforma Google Earth Engine, con una serie histórica de 45 años. Además, se obtuvo la evapotranspiración mediante la ecuación de Thornthwaite. Luego, se obtuvieron los índices de sequía meteorológica como SPI, SPEI e hidrológica mediante el programa DrinC. Resultados: Se identificaron eventos históricos de sequía, con presencia en dos periodos del año, uno de estos desde junio hasta septiembre, y otro desde diciembre hasta febrero. También se realizó un análisis comparativo entre la ocurrencia de estos la incidencia de fenómenos de variabilidad climática, como “El Niño”. Conclusiones: Se analizó un patrón de precipitación bimodal, con periodos de menor lluvia identificados entre junio y septiembre, y de diciembre a febrero. Además, el estudio señala los años 1980, 1983, 1984, 1996, 2001, 2002, 2014, 2015 y 2016 como los años con mayor escasez hídrica. La identificación de estos años permitió entender los eventos de

sequía en la cuenca y relacionarlos con el fenómeno de “El Niño”.

Palabras clave: meteorología, sequía, SPI, SPEI, vulnerabilidad, variabilidad climática.

ABSTRACT

Introduction: Droughts are one of the most concerning environmental issues in recent years, as water resources are essential for human quality of life and the maintenance of ecosystems. The lack of water can generate severe impacts in various areas. In the last decade, the municipality of Durania has faced several drought events caused by high temperatures and low precipitation affecting the entire department of Norte de Santander, as a result of the climate variability phenomenon "El Niño" and global warming. The occurrence of droughts can lead to water rationing for the community, as well as economic losses in sectors such as agriculture and livestock, directly impacting the municipality's economy. Additionally, it can generate negative effects on the flora and fauna of the area. Analyzing how drought phenomena affect agriculture can help farmers better plan their crops to avoid significant losses. Objective: To analyze meteorological and hydrological drought events in the "La Lejía" stream of the municipality of Durania, Norte de Santander. Methodology: First, the physical, shape, relief, and drainage parameters of the watershed were obtained using the digital terrain model from Global Mapper Trial version and QGis free version. Then, climatic indices and anomalies were calculated based on temperature and precipitation variables

using the Google Earth Engine platform, with a 45-year historical series. Additionally, evapotranspiration was obtained using the Thornthwaite equation. Subsequently, meteorological drought indices such as SPI, SPEI, and hydrological indices were obtained using the DrinC program. Results: Historical drought events were identified, occurring in two periods of the year, one from June to September and another from December to February. A comparative analysis was also conducted between the occurrence of these events and the influence of climate variability phenomena such as "El Niño." Conclusions: A bimodal precipitation pattern was analyzed, with periods of lower rainfall identified between June and September and from December to February. Furthermore, the study highlights the years 1980, 1983, 1984, 1996, 2001, 2002, 2014, 2015, and 2016 as the years with the greatest water scarcity. Identifying these years helped to understand the drought events in the watershed and relate them to the "El Niño" phenomenon.

Keywords: meteorology, drought, SPI, SPEI, vulnerability, climate variability.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Meteorológica Mundial (1992), la sequía es “un período de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico”. Por otro lado, la Organización

de las Naciones Unidas (ONU, 1992), define la sequía como el “fenómeno que se produce cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos de

tierras”.

La sequía meteorológica, basada en datos climáticos, se puede definir como la desviación de la precipitación respecto a la media durante un periodo de tiempo determinado (Valiente, 2001). Según Palmer (1965, citado en Valiente, 2001), la sequía meteorológica es el “intervalo de tiempo, generalmente con una duración del orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar cae consistentemente por debajo de lo climatológicamente esperado”. (p.60). Este tipo de sequía puede desarrollarse a gran velocidad y terminar de forma abrupta, o por el contrario, desarrollarse lentamente. (Lacruz, 2012)

La sequía meteorológica tiene un impacto directo en el crecimiento de los cultivos, que junto a otros factores forman lo que se conoce como sequía agrícola. La sequía agrícola se produce cuando la humedad del suelo es insuficiente para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Este tipo de sequía no depende solo de las condiciones meteorológicas, sino también de las propiedades del suelo y las características del cultivo. (Valiente, 2001). Según Batista y Dámaso (2016), esta sequía se da “cuando la cantidad de precipitación y

su distribución, las reservas del agua en el suelo y las pérdidas debidas a la evaporación se combinan para causar disminuciones considerables del rendimiento de los cultivos y el ganado”. Por lo que el peligro de una sequía agrícola va más allá de la escasez de la propia lluvia, ya que también se tienen en cuenta la reserva de humedad en el suelo y su interrelación con los componentes biológicos-pedológicos, que generan estrés hídrico en las plantas. (Pedroso et al., 2015)

Si se presenta un déficit de la precipitación en el municipio, característico de las sequías meteorológicas, la humedad del suelo puede disminuir, lo que generaría una sequía agrícola y afectaría directamente a las actividades de los habitantes en el municipio y a la disponibilidad de alimentos producto de los cultivos.

El departamento de Norte de Santander se enfrenta a diferentes cambios en el clima, que ocasionan fenómenos con intensas lluvias como La Niña, que le costó al país cerca de 11.2 billones de pesos y el Fenómeno El Niño, que ha causado afectaciones sobre la agricultura, la ganadería, los precios de los alimentos, la energía, el agua, la flora y fauna silvestre sobre las regiones Andina y Caribe. (Corponor, 2015)

Estos fenómenos afectan directamente a la seguridad alimentaria, la cual fue definida en la Cumbre Mundial sobre Alimentación en 1996 como *“aquella que se da cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias a fin de poder llevar una vida activa y sana”*. El agua es parte fundamental de la seguridad alimentaria, ya que de ella dependen el ganado y los cultivos para su buen crecimiento. La agricultura requiere de grandes cantidades de agua para los distintos procesos productivos, lo que posiciona al sector agrícola como el mayor consumidor de agua en el planeta, demandando aproximadamente el 70% del agua dulce extraída para uso humano. (ONU-DAES, 2014; Guerrero, y Flórez, 2018; Anaya-Andrade, et al., 2020).

La escasez de agua provocada por el fenómeno del niño tiene un gran impacto en la producción agrícola, ya que afecta la disponibilidad de alimentos y amenaza a la seguridad alimentaria y la nutrición. Con el acelerado crecimiento demográfico, la amenaza a la seguridad alimentaria debido a la escasez de agua es aún más preocupante, ya que cada vez es necesario cultivar más alimentos con una menor disponibilidad del recurso hídrico. (Primo-Ordóñez y Chávarry-

Ysla, 2020). El municipio de Durania no está exento de las afectaciones provocadas por los eventos de sequía, en los últimos años se han presentado grandes pérdidas de cultivos debido a las altas temperaturas y escasas precipitaciones presentadas en la zona. Los eventos han sido tan fuertes llegando a alertar a las autoridades ambientales, agricultores y a la comunidad en general por las dificultades que se presentan debido a la escasez de lluvia.

En este estudio se realizó el cálculo del índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y las anomalías de la cuenca con la finalidad de analizar los eventos históricos de sequía y su relación con el fenómeno “El Niño”. Se realizó el cálculo del índice de Martonne para conocer el comportamiento de las precipitaciones a lo largo del año y además, se obtuvo la evapotranspiración mediante la ecuación de Thornwaite. A partir de estos índices se analizaron las consecuencias de los eventos de sequía para la agricultura y la ganadería, y la falta de alimentos provenientes de los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Determinación de las características físicas, morfométricas, geológicas y climáticas de la zona de estudio: Se creó un polígono para delimitar la cuenca con el software Google Earth y a partir de esto se generó el modelo digital de terreno (DEM) en Global Mapper (versión de prueba). Este DEM se proyectó en el software Qgis (versión libre y gratuita), con el cual se delimitó por completo la cuenca y se obtuvieron los parámetros físicos, morfométricos y geológicos. Dentro del programa se utilizaron herramientas como Strahler Order, para definir el orden de la cuenca, Fill Sinks, para rellenar las depresiones del terreno, Terrain profile, para trazar el perfil del terreno, watershed, wáter oulet channel network y drainage bassins para encontrar la red de ríos.

Por otro lado, para conocer las características climáticas de la cuenca, se descargaron datos históricos de precipitación y temperatura de la plataforma Google Earth Engine para un periodo de 45 años desde 1979 a 2023. Con estos datos se calcularon los índices climáticos y las anomalías de la cuenca.

2. Evaluación de la frecuencia y magnitud de variables hidrometeorológicas a partir de datos históricos de precipitación y temperatura: Para la evaluación de la frecuencia y magnitud de las variables hidrometeorológicas se obtuvo el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) mediante el programa DrinC. De igual forma, se calculó la evapotranspiración mediante la ecuación de Thornwaite para el año 2001 que según el SPI fue el año con menores precipitaciones en la historia, lo que pudo generar un alto déficit en el sistema.

3. Determinación de la sequía meteorológica de la zona de estudio: A partir del cálculo de los índices, se generaron gráficos que permitieron visualizar los eventos de sequía para el periodo de estudio y facilitaron analizar el comportamiento de las precipitaciones durante todo el año. Esto permitió identificar los meses con menor precipitación y los eventos históricos de sequía, posteriormente se investigaron los años con presencia del fenómeno del niño en Colombia para hacer un análisis comparativo entre los dos. Para complementar, se determinarán los cultivos más predominantes presentes en Durania con base en una investigación exhaustiva

de documentos oficiales del Municipio como el Esquema de Ordenamiento territorial. Tras conocer los cultivos predominantes en Durania se realizará un análisis de cómo afectan las sequías a los

mismos y se darán ciertas recomendaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Determinación de las características físicas, morfométricas, geológicas y climáticas de la zona de estudio:

La cuenca tiene un área de 63,879 km² y una pendiente de 8,7212 %, es una cuenca relativamente joven, esto se concluye a partir de la curva hipsométrica que se observa en la Figura 1. La longitud del cauce principal es de 18,001 km, con una pendiente promedio de 0,06338. En la tabla 1 se pueden observar las características de la cuenca. La cuenca es estrecha, ovalada y moderadamente alargada, esto se conoce a partir de los resultados de diferentes índices como el factor de forma de Horton, el índice de Circularidad de Miller y el índice

de alargamiento. La forma de la cuenca provoca que la distribución del agua sea desigual, por lo que las precipitaciones no van a llegar a todas las partes de la cuenca de forma igualitaria o van a tardar más tiempo en llegar, por lo que los cultivos de las zonas más bajas se verán afectados.

La densidad de drenaje de la cuenca es moderada, lo que puede implicar que la red de drenaje no sea suficiente para garantizar agua en periodos secos, por lo que, si no hay almacenamiento de agua en reservorios naturales o artificiales, los cultivos se verán afectados disminuyendo su productividad. (Camino et al., 2018)

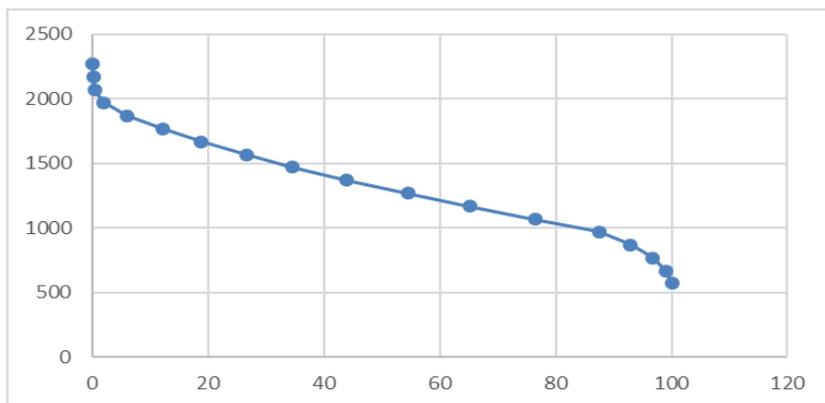
Tabla 1. Características físicas, morfométricas y geológicas de la cuenca.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Área	A	63,879	km ²
Perímetro	P	43,740	km
Longitud axial	La	12,469	km
Ancho máximo de la cuenca	l	7,180	km
Longitud cauce principal	Lc	18,001	km

Longitud de todos los cauces	Lx	172,018	km
Ancho promedio	W	5,123	km
Orden de la cuenca	Oc	5	Adimensional
Cota máxima de la cuenca	HM	2118,460938	msnm
Cota mínima de la cuenca	Hm	548,54364	msnm
Cota máxima del cauce principal	HMc	2065,03	msnm
Cota mínima del cauce principal	Hmc	924,25	msnm
Longitud curvas de nivel	Lcn	2379,65	Km
Intervalos curvas de nivel	lcn	10	msnm
Número de cauces orden 1	# Cauces Orden 1	351	Adimensional
Pendiente de la Cuenca	S	8,721278251	%
Pendiente promedio del cauce principal	S0	0,063373146	m/m
Tiempo de concentración	Tc	1,767619624	horas
Pendiente media de la cuenca		20,00	%
Factor de forma (Ff)		0,1971	Estrecha
Indice de Circularidad de Miller (Ic)		0,4195	Ovalada
Indice de alargamiento (I*)		1,7366	Moderadamente alargada.

Fuente: Granados & Rivera (2024).

Figura 1. Curva hipsométrica.



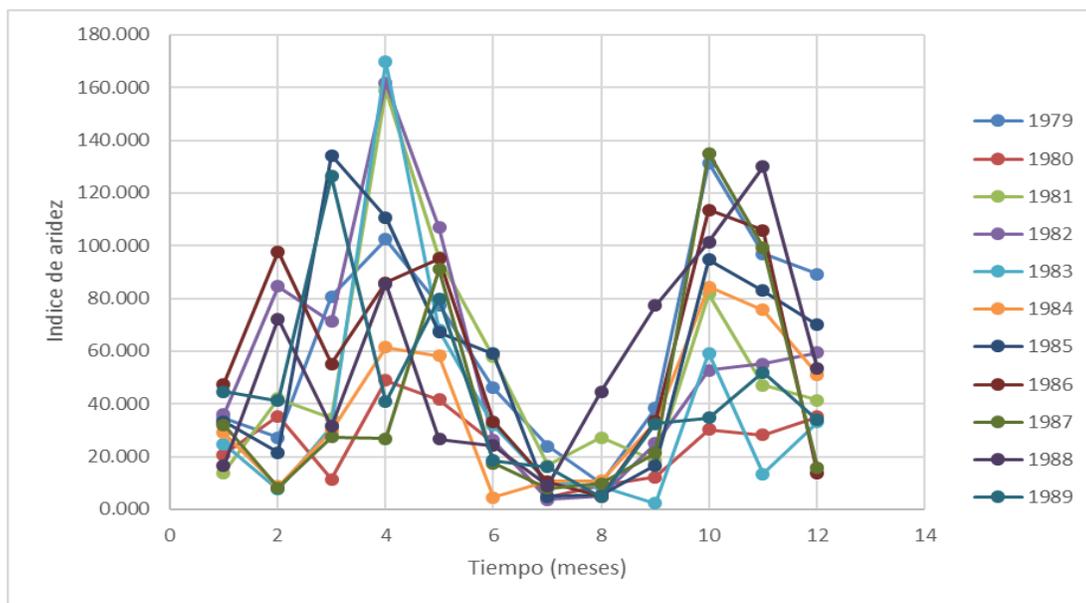
Fuente: Granados & Rivera (2024).

A partir del cálculo del índice de Martonne se obtuvieron las Figuras 2, 3, 4 y 5, las cuales

muestran el comportamiento de las precipitaciones a lo largo del año en Durania. Estas gráficas evidencian un comportamiento bimodal de las precipitaciones, caracterizado por dos periodos secos, que se presentan entre junio a agosto y entre diciembre y febrero y dos periodos de lluvia comprendidos entre marzo y mayo y entre septiembre y noviembre. Durante los 45 años de estudio el comportamiento de las precipitaciones se dio de la misma forma, solo que para la última década las precipitaciones en el periodo de lluvia han sido más fuertes. El comportamiento de las precipitaciones en

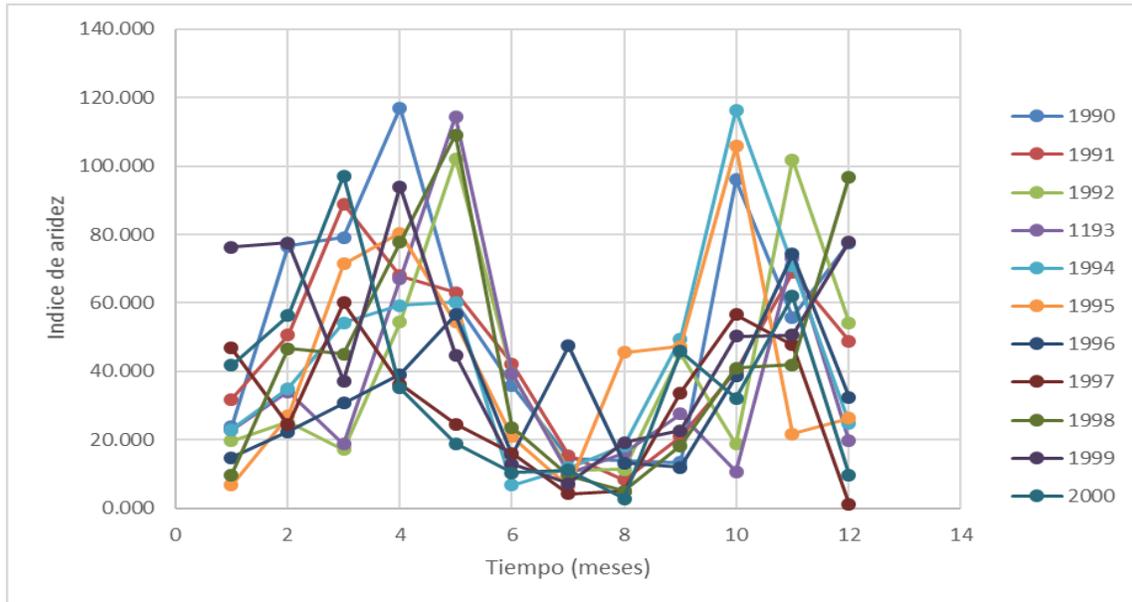
Colombia hace inevitable que el municipio de Durania se enfrente a periodos de sequía, lo que afecta directamente a cultivos como el café, cacao, caña panelera, plátano, cítricos, maíz, frijol, tomate, pimentón, maracuyá y cebolla de cabeza, ya que estos dependen de una disponibilidad hídrica constante, por lo que es importante que los agricultores planifiquen sus cultivos para evitar pérdidas grandes por sequías, como alternativa pueden realizar cultivos intercalados, donde los meses que no tengan buena disponibilidad hídrica se cultive yuca o cultivos con menos demanda hídrica.

Figura 2. Índice de aridez de Martonne Mensual, década de 1979 a 1989.



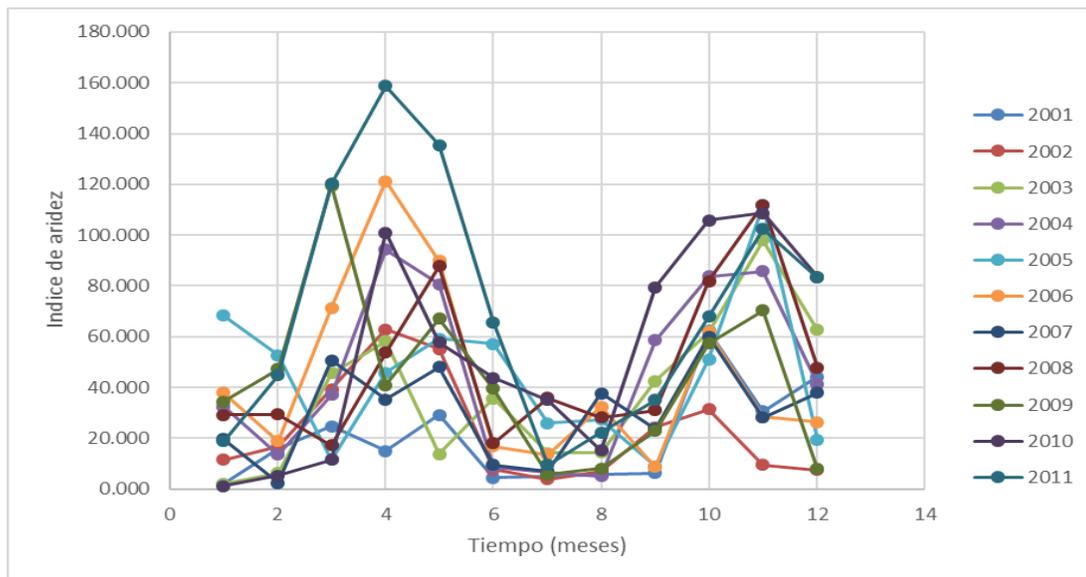
Fuente: Granados & Rivera (2024).

Figura 3. Índice de aridez de Martonne Mensual, década de 1990 a 2000.



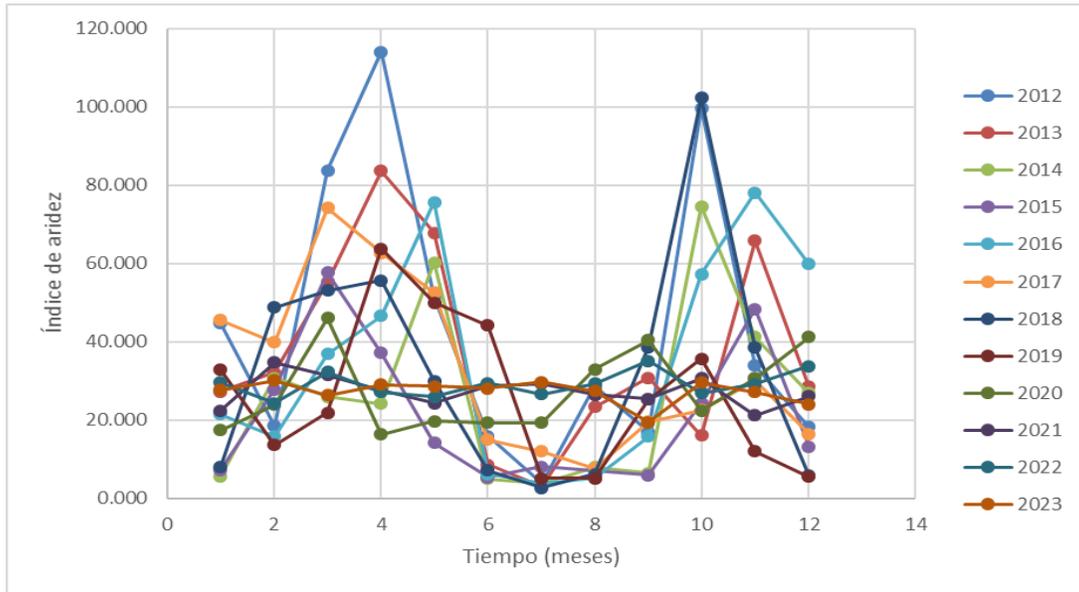
Fuente: Granados & Rivera (2024).

Figura 4. Índice de aridez de Martonne Mensual, década de 2001 a 2011.



Fuente: Granados & Rivera (2024).

Figura 5. Índice de aridez de Martonne Mensual, década de 2012 a 2023.

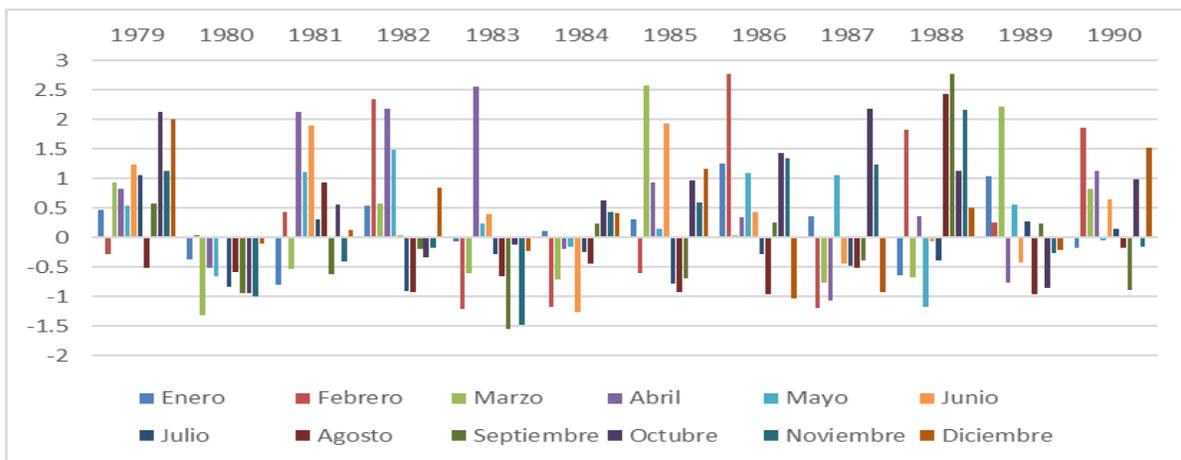


Fuente: Granados & Rivera (2024).

Las anomalías de precipitación negativas indican los años en los que las precipitaciones en la cuenca fueron inferiores a lo esperado, mientras que las anomalías positivas indican lluvias superiores a lo habitual. En las Figuras 6, 7, 8 y 9 se presentan las anomalías de

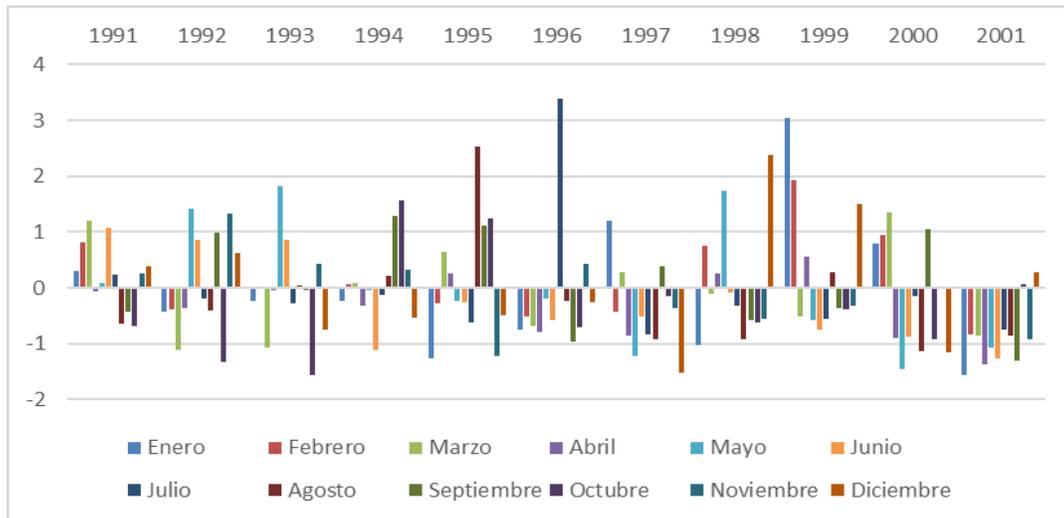
precipitación calculadas para la cuenca de estudio, las cuales muestran que los años con mayor escasez de lluvias son 1980, 1983, 1984, 1996, 2001, 2002, 2014, 2015 y 2016, evidenciando periodos críticos de disponibilidad del recurso hídrico en la región.

Figura 6. Anomalías de la cuenca, década 1979 a 1990.



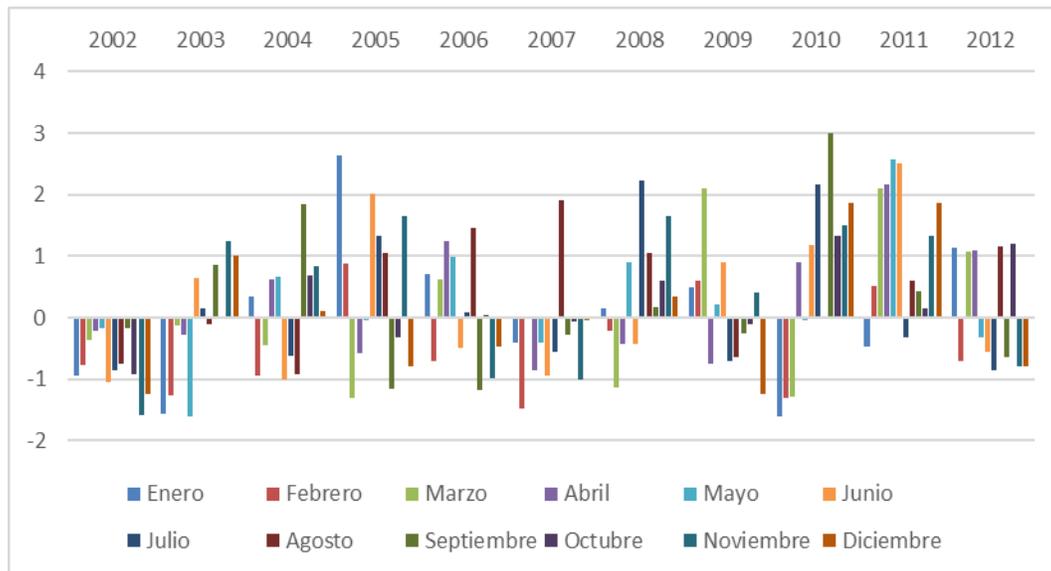
Fuente: Granados & Rivera (2024).

Figura 7. Anomalías de la cuenca, década 1991 a 2001.



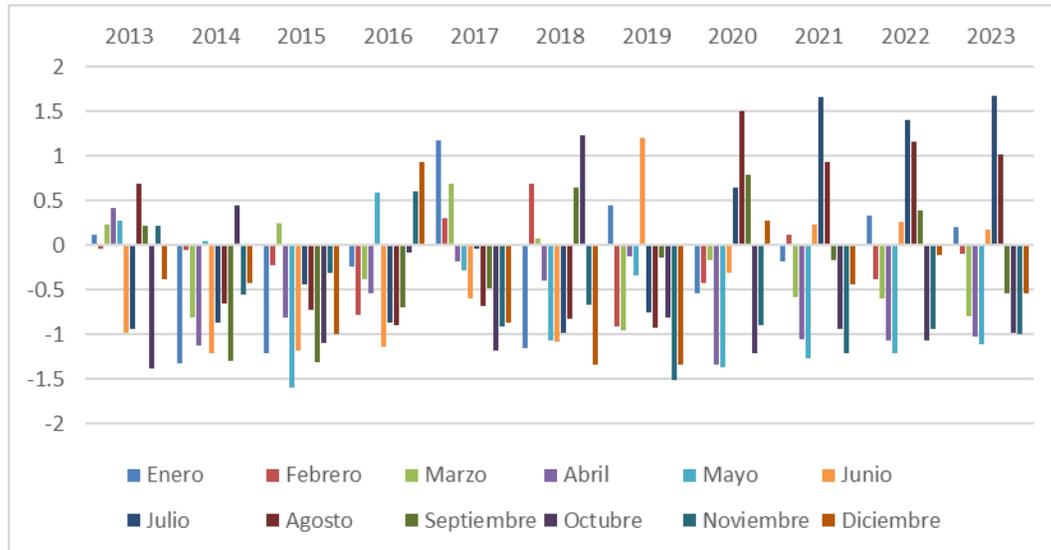
Fuente: Granados & Rivera (2024)

Figura 8. Anomalías de la cuenca, década 2002 a 2012.



Fuente: Granados & Rivera (2024).

Figura 9. Anomalías de la cuenca, década 2013 a 2023.



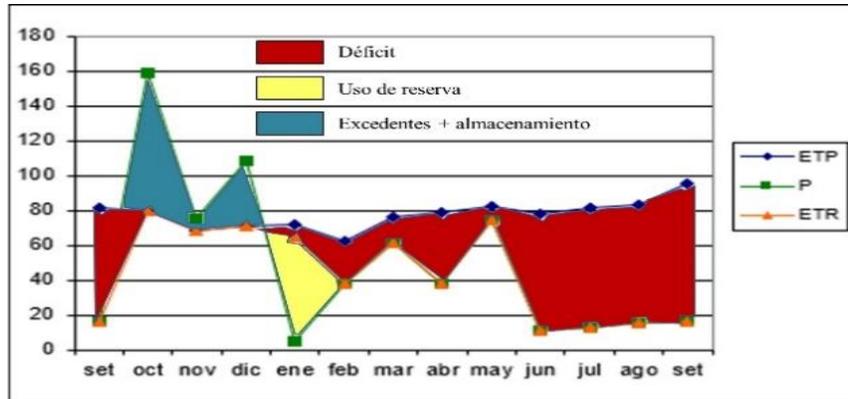
Fuente: Granados & Rivera (2024).

Evaluación de la frecuencia y magnitud de variables hidrometeorológicas a partir de datos históricos de precipitación y temperatura: A partir del cálculo de la evapotranspiración, se obtuvo la gráfica de la Figura 10, en la cual se muestra que, durante el mes de enero, se utilizó la reserva de agua acumulada en el año 2000. Sin embargo, esta no fue suficiente, ya que entre enero y septiembre se presentó un déficit de precipitaciones, por lo que la disponibilidad de agua fue insuficiente para

satisfacer la demanda.

Sin embargo, el sistema logró recuperarse en los últimos meses del año, que son los meses con temporada de lluvia en Colombia. Durante octubre, noviembre y diciembre, las precipitaciones superaron tanto la capacidad de almacenamiento como la evapotranspiración en la zona, permitiendo satisfacer la demanda hídrica de la zona y almacenar un excedente de agua para cubrir las necesidades del siguiente año.

Figura 10. Grafica ETP, P, ETR para un año

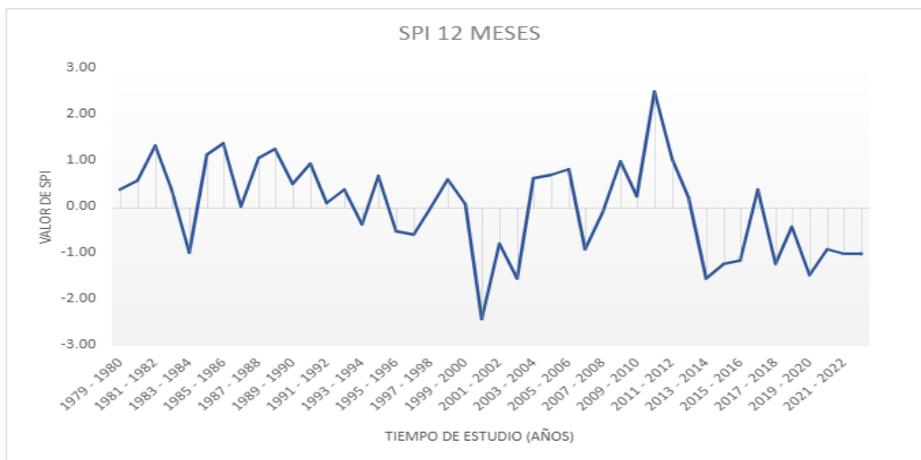


Fuente: Granados & Rivera (2024).

A partir del cálculo del índice Estandarizado de Precipitación (SPI), se construyó la gráfica de la Figura 11. En esta, se identifica que los años con precipitaciones más bajas fueron 2001, 2002 y 2003, esto coincide con las anomalías de precipitación

calculadas para la cuenca. Por otro lado, los años con mayores precipitaciones, según el SPI, fueron 2011 y 2012, los cuales representan el pico máximo observado en la gráfica.

Figura 11. Grafica de índice estandarizado de precipitación vs Año.



Fuente: Granados & Rivera (2024).

2. Análisis comparativo entre los eventos de sequía y la presencia del fenómeno del niño: A partir de la

identificación de los eventos históricos de sequía por medio de las anomalías de precipitación y del SPI se puede concluir que

los años con mayor escasez de precipitaciones en los cuales se presentaron sequías meteorológicas y en consecuencia sequías hidrológicas fueron 1980, 1983, 1984, 1995, 2001, 2002, 2003, 2006, 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019.

Por otro lado, en el Plan Nacional del Fenómeno del Niño, realizado por la Unidad Nacional Para la Gestión del Riesgo de Desastres (2023), se indica que el fenómeno “El Niño” se manifestó en Colombia, y por consecuencia en Durania con diferentes intensidades durante los últimos cincuenta años. Los registros del niño se tienen organizados de la siguiente forma:

Niño Débil: 1994-1995, 2002-2003 y 2018-2019. Esto se evidencia en las gráficas de las anomalías de la cuenca, donde las precipitaciones fueron inferiores a las esperadas, pero no lo suficiente para generar un fenómeno de Niño fuerte.

Niño Moderado: 2006-2007. Esto se demuestra en la Figura 11 del Índice Estandarizado de precipitación y en la Figura 8 de las anomalías de precipitación, donde se demuestra que para estos años las precipitaciones fueron inferiores a lo esperado, producto del fenómeno del Niño Moderado.

Niño Fuerte: 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016. Tal como lo demuestran las figuras 6,

7, 8 de las anomalías de precipitación y la figura 11 del índice estandarizado de precipitación, en estos años se presentaron bajas precipitaciones en el municipio de Durania, provocando periodos de sequía producto de la presencia de un Niño Fuerte.

Además de los provocados por la presencia de El Niño, en Durania se presentaron otros eventos extremos de sequía, como el ocurrido en el año 2001 y 2002, que según el SPI representado en la figura 11 fue el año con menores precipitaciones en la historia de la cuenca, esto puede deberse a factores críticos como aumentos de la temperatura y alteraciones en la lluvia por fenómenos atmosféricos.

El fenómeno del Niño Fuerte presentado de 2014 a 2016 fue uno de los más críticos en la historia de Colombia, las anomalías y el SPI evidencian una sequía prolongada durante estos años, que provocó pérdidas económicas y afectaciones a los cultivos. Según la Unidad Nacional Para La Gestión Del Riesgo de Desastres (2016), en toda Colombia se vieron afectadas 13.817 ha. de caña, 277.615 ha. de pastura, 54.121 ha. de cereales, 14.200 ha. de yuca, 10.058 ha. de cacao, 102.793 ha. de café, 3.860 ha. de fique, 4.036 ha. de frijol y 55.531 ha. de plátano. Se perdió una producción de 2.035 toneladas equivalentes a \$10270 millones. a

En total se afectaron en todo el territorio colombiano 1.185.763 ha. en 20 departamentos del país, dejando a miles de campesinos sin el sustento de sus familias. Es por esto que los agricultores deben tomar medidas de prevención, y estar al pendiente de la variabilidad climática y como pueden ser afectados sus cultivos.

Como se mencionó anteriormente, el municipio de Durania tiene como actividades principales la agricultura y la ganadería, produciendo anualmente diferentes tipos de cultivos dentro de los cuales se destacan el café, el plátano y la naranja criolla, en la Tabla 2 se exponen otros cultivos presentes en el municipio.

Tabla 2. Producción Sector Agrícola Municipio de Durania.

CULTIVOS	PRODUCCIÓN (TON)
Café Típica	642,69
Café Caturra	216,94
Café V. Colombia	483,44
Cacao	4,37
Plátano	278,4
Naranja Criolla	226,2
Mandarina	179,55
Naranja Valenciana	EN CRECIMIENTO
Yuca	480
Maíz	129,24
Frijol	4,8
Tomate	703
Habichuela	26,1
Pimentón	50
Maracuyá	EN CRECIMIENTO
Cebolla De Cabeza	EN CRECIMIENTO
Pastos	63.560,00
Lulo	2
Aguacate	86

Fuente: (Serrano Guerrero & Arévalo Sanchez, 2020)

Los factores climáticos en los eventos de sequía, como los niveles de precipitación y humedad, afectan la productividad de los cultivos, ya que no les dan el agua necesaria para poder vivir, lo que puede afectar negativamente los rendimientos de las cosechas en un 5%. Cuando el fenómeno de sequía tiene una duración de dos años, el

impacto negativo en el sector agrícola se ve evidenciado con más intensidad en el segundo año, (Unidad Nacional Para La Gestión Del Riesgo de Desastres, 2016).

Durante condiciones de sequía y aumentos de temperatura, los efectos directos se reflejan principalmente en la reducción de los rendimientos agropecuarios, provocando

retrasos en épocas de siembra, y reduciendo las áreas de cultivo. Estos eventos provocan un aumento en los costos de producción, y, por ende, el incremento en el precio de los alimentos y la baja disponibilidad de los mismos. (Unidad Nacional Para La Gestión Del Riesgo de Desastres, 2016)

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la Gobernación de Norte de Santander y el IDEAM, se reunieron en una Mesa Técnica Agroclimática con la finalidad de realizar un análisis climático y dar ciertas recomendaciones agropecuarias y ambientales a la población para contribuir a la toma de decisiones con enfoque en la Gestión para la reducción del riesgo. (Secretaría de agricultura y desarrollo rural, 2024)

Es importante que los agricultores realicen seguimientos periódicos a la información y alertas climáticas que emite el IDEAM, con la finalidad de que puedan planificar de mejor manera sus cultivos, y de igual forma

CONCLUSIONES

A partir del Índice de Martonne se puede observar que el municipio tiene un comportamiento bimodal de precipitaciones, con escasez de lluvia de junio a septiembre y

prepararse ante eventuales periodos de sequía para reducir impactos y pérdidas. Por otro lado, también es primordial que se construyan reservorios para almacenar agua durante las temporadas de lluvia, con la finalidad de utilizar estas reservas en épocas secas para satisfacer las necesidades de los cultivos y el ganado. (Secretaría de agricultura y desarrollo rural, 2024)

Para los cultivos de café, que son los que más predominan en el municipio de Durania, la Secretaría de agricultura y desarrollo rural (2024), recomienda no realizar nuevas siembras en la época del fenómeno del niño, y en épocas de sequía se recomienda utilizar toldos para disminuir la incidencia de la radiación solar. De igual forma se recomienda no fertilizar hasta que no se regularicen las lluvias, se recomienda establecer cultivos intercalados como maíz y frijol y hacer más eficiente el consumo de agua durante el beneficio del café.

de diciembre a febrero. Las anomalías revelan los años 1980, 1983, 1984, 1996, 2001, 2002, 2014, 2015 y 2016 como los años con mayor escasez hídrica.

En el cálculo del SPI se observa que el año más seco del periodo analizado fue el 2000-2001. lo que indica una ausencia de precipitaciones graves para este año.

El análisis comparativo entre la presencia del fenómeno “El Niño” en Colombia y los eventos de sequía en el municipio de Durania revelan que para los años 1983, 1995, 2002,

2003, 2006, 2007, 2015, 2016, 2018 y 2019, los eventos se deben a la presencia del fenómeno.

Los eventos de sequía y el fenómeno El Niño afectan en gran magnitud los cultivos del municipio, sobre todo aquellos como el café que requieren de gran disponibilidad de agua para generar resultados y evitar pérdidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcalde Municipio de Durania. (2003). *Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT)*. Oficina de Planeación Municipal. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/20.500.14471/14240>.

Anaya-Andrade, Jonathan Esmith, González-Pedraza, Ana F, Castellano-González, Leónides. (2020). Contaminación con elementos traza en suelos cultivados con hortalizas. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria* ISSN 1692-712 ISSN Impreso 1692-7125./ ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18 N° 2. Pp: 67 -86. <https://doi.org/10.24054/limentech.v18i2.3209>

Araujo Suarez, T. C., & Rivera, M. E. (2021). *Análisis Comparativo De Índices De Sequía Para La Cuenca Del Rio Cesar* [Pregrado, Universidad de Pamplona]. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co>

[/jspui/bitstream/20.500.12744/8635/1/Araujo_2021_TG.pdf](#)

Ávila García, P. (2004). Agua y vulnerabilidad socioambiental. *Carta Económica Regional*, 90, 47-52.

Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., López de Armentia, A., Del Río, J. L., & De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 73-97.

Batista, P., & Dámaso, R. (2016). Algunas consideraciones sobre el comportamiento de la sequía agrícola en la agricultura de Cuba y el uso de imágenes por satélites en su evaluación. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 22-41. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4591.3843>

- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., López de Armentia, A., Del Río, J. L., & De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 73-97.
- Castillo, M., Ibáñez, L., Valdés, J., Arteaga, R., & Vázquez, M. (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río Fuerte, México. *Tecnología y Ciencias del Agua.*, 8(1), 35-52.
- Corponor. (2015). *En Norte de Santander se Monitorea el Clima.* <https://corponor.gov.co/web/index.php/2015/03/26/en-norte-de-santander-se-monitorea-el-clima/>
- Galvis Rojas, M. M. (2021). *Análisis del fenómeno de la sequía en Colombia* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/82090/52124084.2022.pdf?sequence=2>
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. (2014). *Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» 2005-2015. Áreas temáticas: Agua y seguridad alimentaria.* https://www.un.org/spanish/waterforlifedeca/food_security.shtml
- González López, N., Carvajal Escobar, Y., & Loaiza Cerón, W. (2016). Análisis de sequías meteorológicas para la cuenca del río Dagua, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Tecnura*, 20(48), 101-113. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.2.a07>
- González Acuña, D. X., & Rivera, M. E. (2020). *Estimación de la relación entre el índice de sequía y la variabilidad climática asociada a fenómenos ENSO en la quebrada Monteadentro, Pamplona- Norte de Santander* [Pregrado, Universidad de Pamplona]. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/8586/1/González_2020_TG.pdf
- Guerrero B, Angie.; Flórez F. Albéniz. (2018). Plan HACCP para el aseguramiento de la inocuidad del agua potable tratada y envasada en presentación de 360 ml. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria.* ISSN 1692-7125. Volumen 16 N° 2. Pp: 65 -85. <https://doi.org/10.24054/limentech.v16i1.348>
- IDEAM. (2024). *Condiciones Hidrometeorológicas Actuales.* <https://ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2024-07->

- 23/condiciones_hidrometeorologicas_actual
 es_ndeg_0615_23_de_julio_de_2024_1800.
 pdf
- Jaramillo-Robledo, A., & Arcila-Pulgarín, J. (2009). *Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de El Niño y su efecto en la caficultura*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/1133>
- Lacruz, J. L. (2012). *Las sequías hidrológicas en la Península Ibérica: Análisis y caracterización espacio temporal, influencias climáticas y el efecto de la gestión hidrológica en un contexto de cambio global* [Universidad Zaragoza]. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Lorenzo-Lacruz/publication/359482308_Las_sequias_hidrologicas_en_la_Peninsula_Iberica_Analisis_y_caracterizacion_espacio_temporal_influencias_climaticas_y_el_efecto_de_la_gestion_hidrologica_en_un_contexto_de_cambio_global/links/623ef68f57084c718b69ac47/Las-sequias-hidrologicas-en-la-Peninsula-Iberica-Analisis-y-caracterizacion-espacio-temporal-influencias-climaticas-y-el-efecto-de-la-gestion-hidrologica-en-un-contexto-de-cambio-global.pdf
- Lopez, E., Pintos, G., Corral, M., & Rodriguez, A. (2021). Vulnerabilidad hídrica del gran Córdoba ante escenarios de sequías y análisis de alternativas para la provisión de agua. *Revista Facultad De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 8(1). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/138010>
- Mancilla, G. (2016). Metodologías para la determinación de la vulnerabilidad a las sequías. *UNESCO*. [file:///C:/Users/Michel%20Granados/Downloads/Metodologías%20para%20la%20determinación%20de%20la%20vulnerabilidad%20a%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Michel%20Granados/Downloads/Metodologías%20para%20la%20determinación%20de%20la%20vulnerabilidad%20a%20(1).pdf)
- Meza, L., Corso, S., & Soza, S. (2010). *Gestión del riesgo de sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile*. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/148092>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. New York: EE.UU. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Organización Meteorológica Mundial. (1992). *La Conferencia Mundial sobre el Clima*. En *Boletín de la OMM*, XXVIII. N° 3. Ginebra, Suiza.

- Paredes, F., Millano, J. L., & Guevara, E. (2008). Análisis espacial de las sequías meteorológicas en la región de Los Llanos de Venezuela durante el período 1961-1996. *Revista de Climatología*, 8, 15-27.
- Pedroso, D. B. L., Rivera, D. C. F., García, Ms. I. T. G., Rouco, L. D. B., Cancino, Ms. V. C., Sosa, L. M. H., Altamirano, L. R. B., Vázquez, Ms. R. J., Solano, D. O. J., & Pedroso, D. C. G. (2015). El peligro integrado por sequía meteorológica y agrícola. *Revista Cubana de Meteorología*, 3-17.
- Primo-Ordóñez Jorge F, Chávarry-Ysla Patricia Del Rocio. (2020). Análisis de políticas públicas medio ambientales en el Perú. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-712 ISSN Impreso 1692-7125./ ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18 N° 2. Pp: 87-103. <https://doi.org/10.24054/limentech.v18i2.3212>
- Secretaría de agricultura y desarrollo rural. (2024). *Boletín Agroclimático Regional*. https://ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/boletin_agroclimatico_norte_de_santander_marzo_2024.pdf
- Serrano Guerrero, S., & Arévalo Sanchez, W. (2020). *Plan Departamental De Extensión Agropecuaria*.
- Unidad Nacional Para La Gestión Del Riesgo de Desastres. (2016). *Fenómeno El Niño, Análisis Comparativo*. https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20564/Fenomeno_nino-2016.pdf?sequence=3
- Unidad Nacional Para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2023). *Plan Nacional de Gestión ante el Fenómeno del Niño*. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Plan-Nacional-De-Gestion-Ante-El-Fenomeno-El-Nino.pdf>
- Valiente, Ó. M. (2001). Sequía: Definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas*, 26, Article 26. <https://doi.org/10.14198/INGEO2001.26.06>
- Vega Viviescas, C. (2019). *Análisis de sequías meteorológicas e hidrológicas en la Macrocuenca Magdalena – Cauca (McMC) para el período 1980-2010* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69784>.