



ÍNDICES DE SEQUÍA PARA LA CUENCA DEL RIO CESAR – COLOMBIA

Tatiana Carolina Araujo Suarez¹, Rivera, María Esther²

1. Universidad de Pamplona. Programa Ingeniería Civil. Semillero de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (SIAAS). Correo electrónico: tatiana.araujo@unipamplona.edu.co
2. Universidad de Pamplona. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Programa Ingeniería Ambiental. Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS) y Coordinador de Semillero de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (SIAAS). Ciudadela universitaria, Km 1, Vía Bucaramanga, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Correo electrónico: maes@unipamplona.edu.co

Resumen

La presente investigación consistió en obtener los índices de sequía del río Cesar, Colombia, conociendo que se han presentado fenómenos de sequía, que han afectado el abastecimiento de la mayoría de municipios del Cesar. Por tanto, la necesidad de identificar y caracterizar dichos fenómenos es imperativa, para la subsistencia de la población y todas las obras hidráulicas y civiles del municipio. Para ello, se recopilaron datos hidrometeorológicos de 20 estaciones del IDEAM desde 1986 - 2020. Se obtuvieron de los índices SPI, SPEI e IESP utilizando los programas Clic-MD, SPIGenerator y databaseSPEI. Se concluye que la zona presentó sequías leve a extrema según los índices SPEI, SPI y el IESP sequía severa a excepcional, catalogándolas de tipo meteorológico con presencia de sequía hidrológica, se estableció que estos periodos de estiaje en la cuenca han incidido en la agricultura, el flujo del cauce y la magnitud del caudal de la cuenca.

Palabras clave: Índices de sequía, Río Cesar, Sequía.

Abstract

The present investigation consisted of obtaining the drought indices of the Cesar river, Colombia, knowing that drought phenomena have occurred, which have affected the supply of most municipalities of Cesar. Therefore, the need to identify and characterize these phenomena is imperative, for the subsistence of the population and all the hydraulic and civil works of the municipality. For this, hydrometeorological data were collected from 20 IDEAM stations from 1986-2020. They were obtained from the SPI, SPEI and IESP indices using the Clic-MD, SPIGenerator and database SPEI programs. It is concluded that the area presented mild to extreme droughts according to the SPEI, SPI and IESP indices, severe to exceptional drought, classifying them as meteorological type with the presence of hydrological drought, it was established that these periods





of low water in the basin have had an impact on agriculture, the flow of the channel and the magnitude of the flow of the basin.

Keywords: Drought indices, Cesar River, Drought.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio que se ha venido observando con el correr del tiempo, no solo ha sido en conocimientos y avances tecnológicos, sino también en todos los aspectos de la vida, incluyendo la naturaleza, en este caso específicamente hay un tipo de cambio que ha evolucionado, pero de manera negativa, denominado, el cambio climático, es un hecho que el mundo ha venido teniendo una oleada de diversos fenómenos que no han sido previstos debido a las diversas variables que ha tenido el clima a diferencia de cómo lo conocíamos, durante esos cambios se han generado diversos fenómenos naturales, entre los que se han encontrado frecuentemente y con mayor variabilidad están los periodos de estiaje, un fenómeno variable y de gran impacto en la naturaleza.

Con lo anterior mencionado se plantea la sequía como un fenómeno recurrente debido a los cambios meteorológicos, siendo este tipo de comportamientos climáticos perjudiciales para los cuerpos de agua, ya que desembocan en la disminución de caudal de las fuentes hídricas, lo que nos lleva a plantear la importancia de determinar la incidencia de estos fenómenos dentro de los cuerpos de agua teniendo en cuenta lo indispensables que son para las regiones donde se encuentren ubicados.

En el presente trabajo establece una investigación en torno al fenómeno de la sequía, en específico en la región caribe, en la cuenca del río Cesar, la cual abastece a la mayoría de municipios del

departamento del Cesar, dicho fenómeno cobra importancia dentro de las obras hidráulicas del municipio ya que establecerán las pautas para su elaboración teniendo en cuenta los periodos exactos donde pueden incidir, lo que lleva a plantear el cálculo de los índices de sequía de la cuenca para una serie histórica de 30 años, donde podrá determinarse y establecer los periodos en que este fenómeno incidirá en el cuerpo de agua y las consecuencias que ha tenido a largo plazo dentro del mismo.

Para el cálculo de los índices de sequía planteado el presente trabajo se guiara por tres metodologías diferentes para posteriormente establecer una comparación y análisis de los diferentes resultados observados para con ello poder tener un conglomerado de información de mayor veracidad, que además servirá como base para especificar el tipo de sequía afecta a la cuenca, dichas metodologías son el índice estandarizado de sequía pluviométrica (IESP), índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración (SPEI) e índice de precipitación estandarizado (SPI); este tipo de estudios se ha llevado a cabo en países latinoamericanos como Venezuela, Brasil, Perú y Ecuador, así mismo también se han llevado a cavado diversos estudios del mismo tipo dentro de las diferentes cuencas de Colombia, ya que es un medio para determinar las diferentes épocas de riesgos y las medidas a implementar, por esto el objetivo de este proyecto consiste en realizar un análisis comparativo de los





Índices de sequía de la cuenca del río Cesar.

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo y diseño de la investigación

La técnica de investigación es mixta, porque consta de investigación cuantitativa y cualitativa, debido a que se buscaba identificar las características de la cuenca, además del cálculo de los índices de sequía que se considera cuantitativo, pero a la vez realizar su comparación en base a las características de la cuenca y de la zona, dando como resultado una investigación mixta.

2.2 Técnicas de muestreo

En el caso de la investigación del presente documento las técnicas de muestreo se enfocaron en la información que se seleccionaría basándose en la zona de influencia del proyecto, dentro de la plataforma del IDEAM, a partir de las diferentes estaciones que poseen; las estaciones que se utilizaron son las presentadas en la **tabla 1**.

Tabla 1

Ubicación de las estaciones para el muestreo

Código Estación	Nombre Estación	Categoría	Subzona hidrográfica	Ubicación
28037060	CANTA CLARO	Limnigráfica	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28017110	MINA LA	Limnigráfica	Alto Cesar	Valledupar, Cesar
28037010	PUENTE CALLAO	Limnigráfica	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28037130	PUENTE CARRETERA	Limnigráfica	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28037030	PUENTE SALGUERO - AUT	Limnigráfica	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28025502	AEROPUERTO ALFONSO LOPEZ	Sinóptica Principal	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28010360	ATANQUEZ	Pluviométrica	Alto Cesar	Valledupar, Cesar
28035020	CALLAO EL	Climática Ordinaria	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28020150	ESPERANZA LA HACIENDA	Pluviométrica	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28035040	GUAYMARAL	Climática Ordinaria	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28010370	PARIS DE FRANCIA	Pluviométrica	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
28010090	PATILLAL	Pluviométrica	Alto Cesar	Valledupar, Cesar
28035010	VILLA ROSA	Climática Ordinaria	Medio Cesar	Valledupar, Cesar
25027890	PUENTE CARRETERA	Limnimétrica	Bajo Cesar	Chiriguaná, Cesar
25027080	GRACIAS A DIOS HACIENDA	Limnimétrica	Bajo Cesar	Curumaní, Cesar



25025250	CHIRIGUANA	Climática Ordinaria	Bajo Cesar	Chiriguaná, Cesar
28015070	URUMITA	Climática Ordinaria	Alto Cesar	Urumita, La Guajira
25020220	ASTREA	Pluviométrica	Bajo Cesar	Astrea, Cesar
25021240	CHIMICHAGUA	Pluviométrica	Bajo Cesar	Chimichagua, Cesar
25020270	SALOA	Pluviométrica	Bajo Cesar	Chimichagua, Cesar

2.3 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

- En la caracterización física y morfométrica de la cuenca, la clasificación de los índices de sequía y los factores que inciden dentro de esos periodos de estiaje se utilizaron diferentes técnicas de procesamiento y análisis de la información en base a diferentes software y páginas de información, los cuales se establecen a continuación:
- Descarga de imágenes DEM (modelo digital de elevación) por medio de la página <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- QGis en versión libre, para la caracterización física y morfométrica de la cuenca
- Obtención de información de datos meteorológicos de la serie 1986 a 2020 por medio de la base de datos del IDEAM, <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Software infoStat para el cálculo de datos faltantes en las series de datos meteorológicos obtenidos de la base de datos del IDEAM, por medio de las metodologías Euclidea y Manhattan promedio
- Utilización de Microsoft Excel para la organización de los datos meteorológicos tabulados por los cuales se obtuvieron graficas realizadas por medio de los componentes del software.
- Para la cobertura vegetal se utilizaron las diferentes plantillas establecidas dentro de la metodología Corine Land Cover Colombia (CLC), donde se extrajeron las diferentes coberturas de toda Colombia y se realizó una filtración para obtener las coberturas del departamento del Cesar
- El cálculo de los índices de sequía se realizó por tres softwares diferentes los cuales son:
 - El software de la página NDMC (National Crought Mitigation Center), establecido como SPI Generator para el cálculo del SPI
 - La base de datos del SPEI mundial desde el link <https://spei.csic.es/database.html#p3>, para el cálculo del SPEI
 - Con la licencia de prueba del programa Clic-MD se obtuvo el índice IESP
- Para la conglomeración de la información se realizaron mapas por medio del software ArcGis en su versión 10.5, por medio del método de interpolación kriging tipo ordinario esférico





3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 2

Caracterización morfométrica de la cuenca

Tipo de parámetro	Parámetro	Abreviatura	Resultado	Unidades
Parámetros asociados a la forma	Área	A	20805.31	Km ²
	Perímetro	P	908.85	Km
	Longitud de la cuenca	Lc	317.74	Km
	Ancho de la cuenca	B	22.89	Km
	Factor de forma de Horton	K _f	0.009	Adm
	Coefficiente de compacidad	K _c	1.76	Adm
	Razón de elongación	R _e	0.51	Adm
Parámetros relativos al relieve	Altitud media ponderada	Hm _p	474.50	m.s.n.m
	Pendiente	S ₀	0.33	m/m
	Curva hipsométrica	Subareas	25	Adm
	Orden de los cauces		6	Adm
	Densidad de drenaje	D _d	0.0153	Km/Km ²
	Coefficiente de torrencialidad	C _t	0.057	
	Relación de bifurcación	R _{bu}	1-3	
Parámetros relativos al drenaje	Scs-Ranser	T _c	17.41	Horas
	California Culvert Practice	T _c	26.87	Horas
	Tiempo de concentración Kirpich	T _c	8.53	Horas
	Témez	T _c	12.30	Horas
	V.T Chow	T _c	14.14	Horas
	Ventura-Heron	T _c	11.71	Horas

Fuente: Araujo T., (2020) – A partir de la información obtenida de la base de datos del IDEAM

Conforme a todo lo establecido en la tabla 2 se pudo establecer que la cuenca es de proporciones muy grandes, con una forma desde alargada y estrecha con características oval a oblonga rectangular a oblonga, que permite inferir que es una fuente con potencialidad a crecientes moderadas a bajas e igualmente bajas a moderadas producciones sostenidas de caudales, así mismo es una cuenca de edad madura a vieja con pendientes variables, desde fuertes hasta moderadas,

empezando del alto hasta el medio Cesar, por otro lado se pudo inferir que es una cuenca con densidad de drenaje baja y que además tiene un lapso de tiempo amplio donde la gota de lluvia recorre la misma.

En las figuras 1, 2 y 3, se observan los mapas de índices de sequía obtenidos como el conglomerado final de toda la información, caracterizando de esta manera las sequias presentes en la cuenca, lo cual de acuerdo a estos mapas





podemos observar que la cuenca se encuentran en un periodo de estiaje que varía desde leve a extremo en muchos de los casos, teniendo duraciones en sequía de aproximadamente 2 años, lo cual permitió inferir que estos eventos de estiaje, son eventos que dentro del afluente se han vuelto recurrentes y de gran magnitud, así mismo en dichos mapas se

En la figura 1 se puede observar el mapa del índice SPI9, calculado en base a los resultados obtenidos para las 11 estaciones que se establecieron en las técnicas de muestreo del presente documento, así mismo en la figura mencionada se puede observar la cuenca y los diferentes tipos de sequía que se presentaron durante la serie histórica en estudio, teniendo en cuenta la figura, se puede establecer que la cuenca para el índice SPI, paso de sequía moderada a sequía, extrema, también presentando algunos comportamientos de extremadamente húmedo hasta moderadamente húmedo, lo que indica que aunque la mayor parte de la evaluación de este índice en la serie histórica arroja según lo observado en la figura 1, que la cuenca se encontró en periodos de estiaje largos y recurrentes, en algunos puntos se han presentado características meteorológicas que permiten inferir que ha existido aumento de precipitaciones y por tanto la humedad cerca de la misma ha tenido un aumento considerable, pero dejando de lado estos momentos o eventos de húmedos, se puede inferir que la cuenca se ha encontrado en una sequía que puede haber tenido cambios directos en la estructura de la fuente hídrica debido

puede observar la intensidad y la presencia de estos periodos de estiaje en la cuenca, dichos periodos son causantes de la disminución de caudal de la cuenca además de tener afectaciones en los niveles del cauce y niveles de almacenamiento, así mismo afectaciones irreversibles en la agricultura y el ecosistema de la zona.

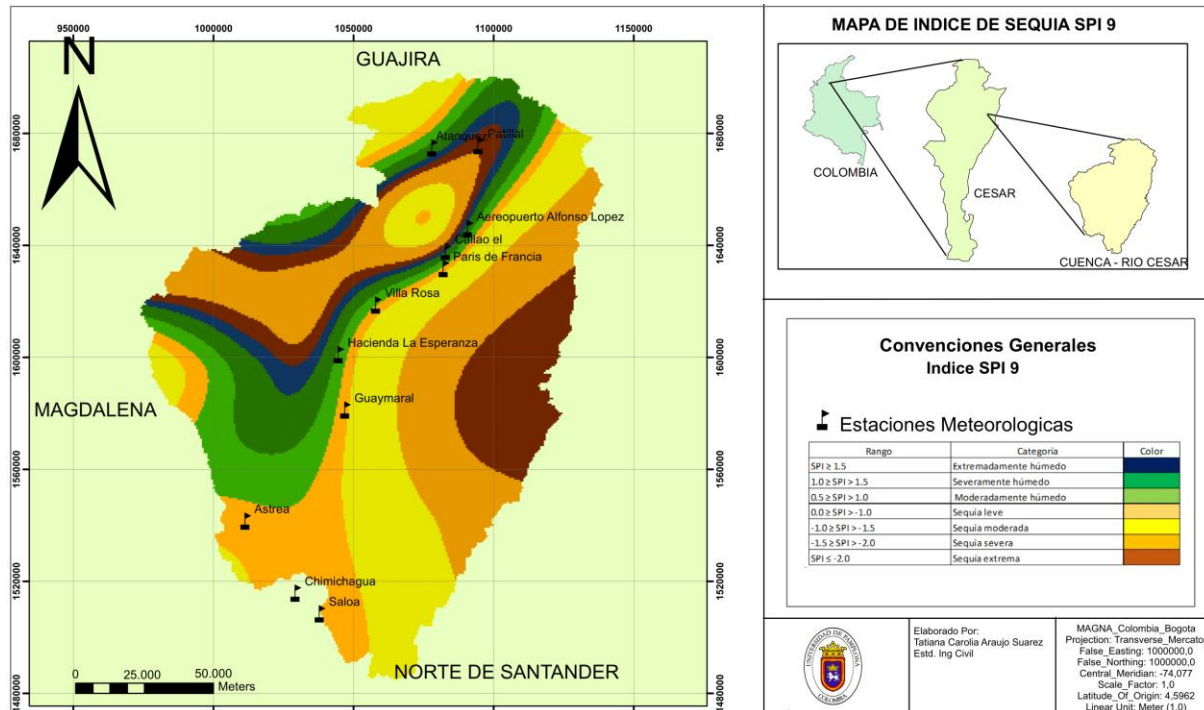
a su constancia y a la duración del evento, considerando que este mapa mostrado en la figura es del SPI9, el cual indica impactos en la agricultura de la zona además de impactos en el flujo del cauce y anomalías dentro del mismo, cabe resaltar que este fenómeno en la cuenca además de volverse recurrente se ha vuelto una variable de mayor constancia en ciertas épocas del año como se pudo visualizar en los gráficos, lo que puede dar a sobrentender un cambio dentro de las características meteorológicas de la zona, lo que puede conllevar, que este tipo de fenómenos han tenido un impacto irreversible en la misma, ya que el mapa solo corrobora que este fenómeno es de gran magnitud dentro de la cuenca en toda su extensión.

Por último, es importante recalcar que este mapa solo nos permite establecer que la sequía que más predominó dentro de los años en estudio, fue la sequía meteorológica, que se representa en el SPI, el cual es el índice con mayor variabilidad de este fenómeno y además con mayor incidencia dentro de la zona de la cuenca, además de la veracidad de la información, por la gran cantidad de estaciones y puntos dentro de la cuenca.





Figura 1.
Mapa índice de sequía SPI9 - cuenca del río Cesar



Fuente: Araujo T., (2020) – A partir de la información obtenida de la base de datos del IDEAM

En la figura 2, se puede visualizar la cuenca del río Cesar, con la correspondiente leyenda de la sequía que se presenta durante la serie histórica, durante esta serie como ya se pudo visualizar en las gráficas de SPEI, las sequías son variables, y se encontraron desde extremadamente húmedo las clasificaciones, hasta sequía extrema, pero en muy bajo porcentaje, de acuerdo con este índice, las sequías que se presentaron en la zona de la cuenca fueron muy variables y recurrentes, pero tienen menor porcentaje de intensidad que las sequías que se presentan según el índice SPI, esto teniendo en cuenta que el SPEI, es un índice que tiene como ya se mencionó la evapotranspiración del lugar como variable, siendo este un factor influyente, dentro de los resultados, con esto

nuevamente se recalca que en la figura 2, los resultados además de variables y casi uniformes en porcentaje de presencia en la cuenca de las diferentes clasificaciones, dentro de esta figura, podemos inferir que dentro de la cuenca de acuerdo con este índice si se presentó sequía, en todos los grados de intensidad de la misma, cabe resaltar que en menor medida la sequía extrema, pero igualmente hay periodos de la cuenca que son más húmedos y no se consideran periodos secos.

Los resultados obtenidos en esta figura nos permiten sobreentender que la cuenca a pesar de tener periodos de estiaje recurrentes, lo tienen en menor grado en comparación con el SPI, aun así, son periodos de estiaje que varían desde el menor grado de impacto hasta el mayor grado, por otro lado, este SPEI

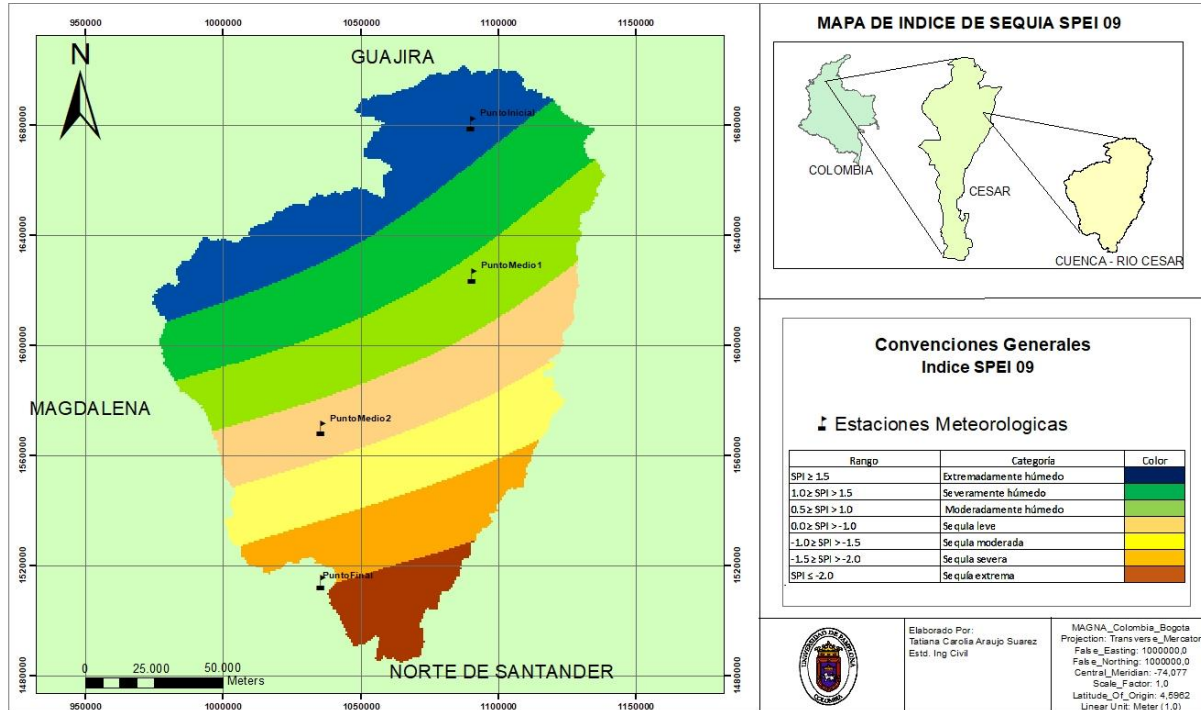




representado en la figura 2, es el SPEI9, el que se entiende que tiene impacto en la

agricultura de la zona y efectos irreversibles dentro del cauce de la cuenca.

Figura 2.
Mapa índice de sequía SPEI9 - cuenca del río Cesar



Fuente: Araujo T., (2020) – A partir de la información obtenida de la base de datos del IDEAM

En la figura 3, se puede observar el mapa del índice IESP obtenido a partir de las cuatro estaciones que proporcionaron temperatura máxima, mínima, media y precipitación de la zona, por medio de las cuales con el software Clic-MD en su versión de prueba, se obtuvo evapotranspiración por Thorntwaite y por Hargreaves, a partir de ahí se obtuvieron los valores de sequía para las distintas estaciones y como se puede observar en la figura 3, se presentaron a lo largo de los años y de las diferentes secciones de la cuenca, periodos desde sequía moderada hasta excepcional, dentro de estas las más reincidentes fueron la sequía moderada y severa, esto teniendo en cuenta la

clasificación establecida para este índice; una vez más dentro de este mapa se puede observar lo ya establecido en los gráficos del mismo índice, donde se mostró que dentro de la zona de estudio, los periodos de estiaje se volvieron recurrentes y constantes durante los últimos periodos del año, así mismo se presentaron algunos eventos húmedos, pero en menor medida comparados con los periodos secos que se presentaron, esto sumado lo que ya se ha venido evaluando con los otros índices, en cuestiones meteorológicas, ya que estos periodos de estiaje más que un fenómeno poco común, se volvió muy común dentro de dicha cuenca.



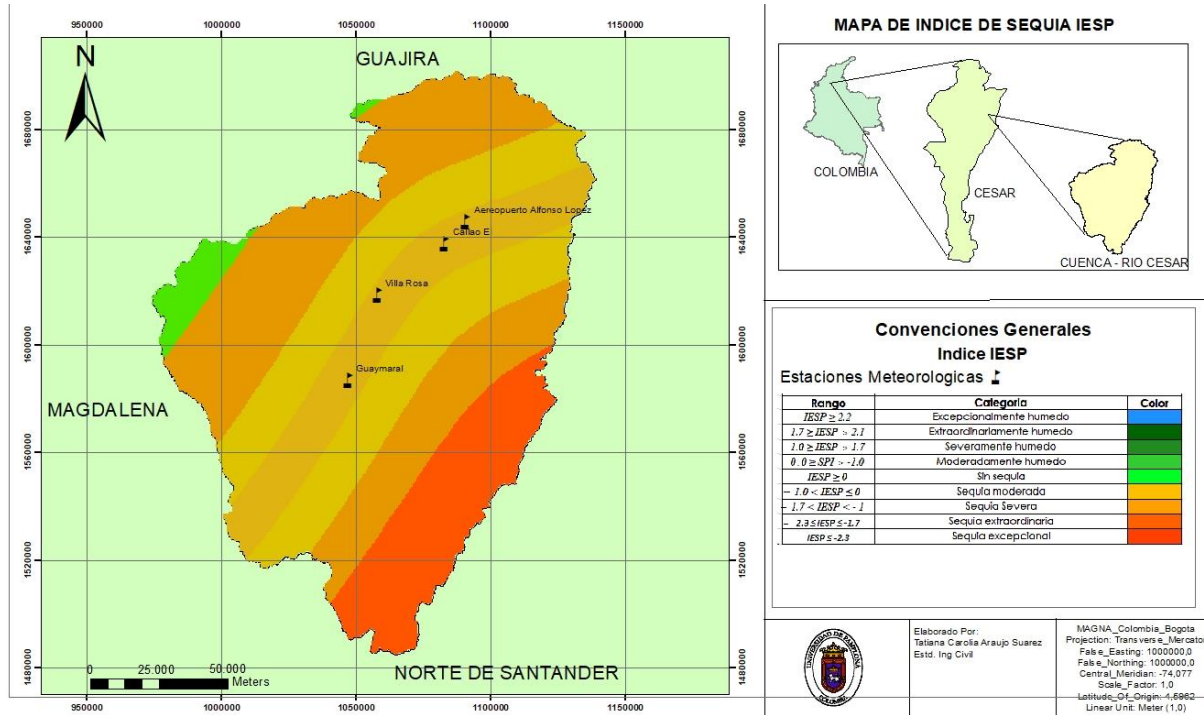


De la misma manera en la figura 3, se puede notar que hubo presencia de esos periodos húmedos o de carencia de sequía, donde la cuenca se encontró en un estado normal, pero con alteraciones que muy probablemente ocurrieron dentro del

desarrollo de eventos de estiaje, que impactaron no solo la vegetación y biodiversidad de la zona, sino la cuenca por sí misma, como la magnitud de su caudal.

Figura 3.

Mapa índice de sequía IESP- cuenca del rio Cesar



Fuente: Araujo T., (2020) – A partir de la información obtenida de la base de datos del IDEAM

Teniendo en cuenta todos los datos recopilados, analizados y zonificados en esta investigación se pudieron establecer los siguientes puntos claves:

- Las sequías son fenómenos que dependiendo su tipo y el índice que se calcule variara su severidad, pero no su recurrencia o duración.
- La evapotranspiración es un factor dentro de la cuenca que juega un papel importante en periodos de estiaje, ya que permite disminuir la

severidad del episodio o en su defecto aumentarlo.

- La disminución de las precipitaciones en una zona no es razón suficiente para establecer como periodo de estiaje en un corto periodo de tiempo.
- La sequía meteorológica muchas veces desemboca en sequía hidrológica, lo cual se comprobó en la investigación, debido a los periodos de estiaje similares y





recurrentes entre los índices meteorológicos y el hidrológico

- La sequía meteorológica suele parecer superficial ya que, debido a las características y las afectaciones de mismo, no se observa directamente en el cauce, sino en todos los factores del ambiente como humedad relativa, percolación, infiltración y temperatura, que de manera directa afectan a la estructura del cauce y las aguas subterráneas que pueden alimentarlo.

Los índices de sequía SPI, IESP y SPEI, se complementan como variables para identificación de sequías debido a que permitieron establecer si posterior de una sequía meteorológica se presentaría, sequía hidrológica, además de establecer en qué medida y lo que causara este fenómeno dependiendo del tipo de este y la magnitud.

Los periodos de estiaje que presento la cuenca durante la serie histórica de 1986 a 2020, permitió inferir y determinar, que la clasificación que englobaba mejor el tipo de fenómeno que se presento fue la sequía meteorológica, porque a pesar que el índice IESP, nos muestra que se presentaron grandes periodos de estiaje de tipo hidrológico, estos no fueron tan representativos como los periodos de estiaje meteorológicos, que se pudieron establecer con el SPI y el SPEI, permitiendo inferir que la cuenca ha venido presentando hasta el 2020, un fenómeno de sequía que abarca la clasificación meteorológica, que suele ser característico de zonas de gran extensión como lo es la cuenca del rio Cesar, por otro lado, debido a los indicios de sequía hidrológica, se permitió establecer que dentro de la zona

de la cuenca debido a el tipo de sequía predominante además de haber afectaciones en el ecosistema terrestre y en la agricultura, también se presentaron afectaciones dentro del ecosistema acuático, y los diferentes usos del recurso hídrico de los cuales dependa la zona, como el agua para abastecer a la población.

Se pudo resumir que la sequía fue de tipo estacional pasando a impredecible durante los últimos años de la serie histórica, especialmente desde 2016 a 2020.

Los periodos de estiaje dentro de la cuenca de rio Cesar calculados por medio de los índices de sequía nos reflejaron la variabilidad y la diversidad de cambios que se han presentado en el ambiente debido a la intervención del hombre, algunos factores que indican en dichos cambios son la migración o éxodo rural, el crecimiento urbanístico y poblacional, la minería y actividades de explotación, todos estos factores fueron y son claves dentro de la ocurrencia de los periodos de estiaje en la cuenca del rio Cesar, colocando a la cuenca en alerta roja debido a todos estos eventos y magnitudes de los mismos, que se pudieron observar en los mapas de los tres índices calculados, que solo permiten demostrar que los periodos de estiaje son un fenómeno que está impactando negativa y enormemente al afluente en estudio.

Se pudo observar y ratificar con los mapas establecidos en las figuras 1, 2 y 3 los cambios bruscos y negativos que ha tenido el hombre en los factores meteorológicos que están afectando directamente el ecosistema en el que convivimos y los recursos que nos permiten sobrevivir, la cuenca del rio Cesar es solo un afluente de





muchos que se encuentran en sequia constante y extrema, causando cambios

irreversibles en el ambiente y en la estructura del cauce

4. CONCLUSIONES

- La cuenca presenta una forma con variabilidad desde estrecha – alargada y oval, que posee un coeficiente de compacidad de 1.76, una densidad de drenaje de 0.0153, un coeficiente de torrencialidad de 0.057, esto permitió establecer que es una cuenca de dimensiones muy grandes, con potencialidad mediana susceptibilidad a crecientes, por otra parte, dichas características permitieron inferir que posee un menor grado de torrencialidad o mejor respuesta a eventos torrenciales baja a crecientes. Además de lo ya mencionado la cuenca, es un cauce de edad madura a vieja, que tienden más a vieja, indicando de esta manera que es una cuenca que no erosiona ni generara depósitos, esto se estableció de acuerdo con las diferentes alturas por las cuales surca la cuenca, por ultima es una cuenca que presenta pendientes fuertes y moderadas desde la parte media hacia la baja.
- El crecimiento económico y la sobrepoblación dentro del departamento del Cesar son factores influyentes dentro del aumento y recurrencia en eventos de estiaje de la cuenca, esto teniendo en cuenta factores como evapotranspiración y la disminución de cultivos y zonas de vegetación (Parada et al., 2017; Recio et al., 2019).
- El aumento de las temperaturas en el Departamento se pudo establecer como uno de los factores que influyen directamente en los periodos de estiaje

de la cuenca del rio Cesar, se pudo inferir que dichas temperaturas y su aumento se debieron al crecimiento urbanístico del departamento y por tanto a la disminución de zonas de vegetación, que desembocaron en desplazamiento y desaparición de especies, dando como resultado disminución en la humedad del suelo y por tanto mayor evapotranspiración.

- Por medio de la investigación realizada se pudo determinar que la cuenca del rio Cesar presento durante el periodo de 1986 a 2020, diferentes eventos de estiaje recurrentes, en diversos periodos del año, además con variadas magnitudes y duraciones, permitió inferir de esta manera que la cuenca del rio Cesar presento periodos de estiaje como un evento común y descontrolado, de la misma manera estos periodos de estiaje variaron desde tipo meteorológico a hidrológico, pasando desde afectaciones a la agricultura, hasta afectaciones en el flujo del cauce y la magnitud del caudal, que por tanto afecto directamente a la dimensión de los caudales que se capta para el abastecimiento del recurso hídrico dentro de departamento.
- De acuerdo con la investigación desarrollada se infiere que, la sequía presentada en la cuenca fue de tipo meteorológica, pero además de ello se desencadeno una sequía hidrológica, esto debido a las afectaciones en los factores meteorológicos de la zona, como humedad, precipitación y temperatura, que desembocaron por





tanto disminución de caudales y afectaciones en a hidrología del cauce.

- Se pudo inferir y observar que la cuenca de rio Cesar es un afluente que se encuentran en peligro ambiental, ya que según esta investigación se

5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al ingeniero geólogo Luis Carlos Lacouture Peralta, al Ingeniero geólogo y técnico en Minas Jaider Andrés Mindiola Suarez por su colaboración en la investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanquero, R., Carriosa, E., Pita, M., Camarillo, J. y Álvarez, J. (2012). Modelo estocástico para la predicción del Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) en Andalucía. Asociación Española de Climatología. Congreso Internacional (8 o. 2012. Salamanca), 261–270.

Boicet-Fabre, T., Baldaquín-Hernández, M., Boudet-Antomarchi, A., Merino-Hernández, Y., Alarcón-Zayas, A., y Almarales-Frías, W. (2018). Evaluación de diferentes índices de tolerancia a la sequía basada en análisis multivariados. Cultivos Tropicales, 39 (1), 61–67.

Campos-Aranda Daniel Francisco, (2018), Contrastes del Índice de Sequías de Palmer Estandarizado (SPDI) en tres ubicaciones climáticas de San Luis Potosí, México, Tecnología y ciencias del agua, 9(5), 246-279.

Castillo-Castillo, M.... Vázquez-Peña, M. A. (2017). Análisis de sequías meteorológicas en la cuenca del río

presentaron diversos y muchos periodos de estiaje dentro de un periodo significativo de años, que además se volvieron constantes, generando un cambio en el afluente.

Fuerte, México. Tecnología y Ciencias Del Agua, 08(1), 35–52.
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-03>

Crespo, G. (2005). COMPARACIÓN DE DOS METODOLOGIAS PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SEVERIDAD DE SEQUÍA PARA DOCE RESERVAS DE LA BIOSFERA MEXICANA. UNESCO, 139.

Diéguez, ET, Mancera, GM, Falcón, AC, Garibay, AN, Valdez Cepeda, RD, García Hernández, JL y Amador, BM (2014). Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México. Investigaciones Geograficas, 85, 66–81.
<https://doi.org/10.14350/rig.32404>

Gómez Latorre Douglas Andrés, (2016), Comparación de índices de sequía aplicados a estudios climáticos, 1-15 Pág.

Gutiérrez-López A., Vargas-Baecheler J., Reséndiz-Torres V., & Cruz-Paz I., (2016), Formulación simplificada de un índice de sequía, empleando una distribución de probabilidad mezclada, Tecnología y Ciencias del Agua, vol. VII, núm. 5, pp. 135-149.





- Moreno, G., & Cadena, M. C. (2002). Aplicación De Índices De Sequía En Colombia. *Meteorol. Colomb.*, 131–137. Retrieved from http://www.geociencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_23/file/METEOROLOGIA/15_Hurtado_Gonzalo.pdf
- Recio, R. Recio, C. y Pilatowsky, I. (2019). Estudio experimental de la deshidratación de tomate verde (*pysalis ixocarpa* brot) utilizando un secador solar de tipo directo. *Revista Bistua.* 17(1), 76-86. DOI: <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2019.3136>
- Parada, M. Caballero, L. y Rivera, M. (2017). Características fisicoquímicas de tres variedades de café tostado y molido cultivados en Norte de Santander. *Revista @limentech.* 15(1), 66-76. DOI: <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2017.2963>
- Olivares B., Cortez A., Lobo D., Parra R., Rey B. J.C., & Rodríguez M.F., (2016), Estudio de la Sequía Meteorológica en Localidades de los Llanos de Venezuela Mediante el Índice de Precipitación Estandarizado, *ACTA NOVA*; Vol. 7, Nº 3, pp. 266-28

