

Magnitud y categoría del evento de El Niño 2023 - 2024 en la microcuenca Sarampión, Manabí - Ecuador

Magnitude and category of the El Niño 2023 - 2024 event in the
Sarampión micro-basin, Manabí - Ecuador

Francisco Javier Velásquez Intriago¹, Hugo Miguel Cobeña
Navarrete¹, Marcos Javier Vera Vera¹, Leonardo Sebastián Bazurto
Meza¹

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta,
Ecuador.

Recibido 10 febrero 2024, recibido en forma revisada 10 abril 2024, aceptado 10 de mayo 2024, en línea 30 de
junio 2024.

Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad determinar la magnitud y categoría del evento de El Niño en el período comprendido desde enero 2023 a marzo 2024 en la microcuenca Sarampión de la provincia de Manabí en Ecuador. Mediante interpolación se obtuvo una base histórica (1980-2017) de precipitaciones. Se instalaron dos estaciones meteorológicas de marca Sainlogic para el monitoreo de las precipitaciones en el área y período de estudio, que sirvió en conjunto con el histórico de precipitaciones para el cálculo del índice de anomalías de precipitación (IAP) para la determinación de la magnitud por precipitaciones, por otra parte se realizó un análisis de las anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM) en la región de El Niño 1+2 para determinar la categoría por índice Costero El Niño (ICEN). En conclusión, se determinó las magnitudes de IAP y las categorías del ICEN mensuales, obteniéndose un IAP para el año 2023 de 2,35 que cualitativamente significó un Niño de magnitud muy lluvioso.

Palabras clave: Evento de El Niño, índice de anomalías de precipitación, anomalías de temperatura superficial del mar, índice Costero El Niño.

Abstract

The purpose of the research was to determine the magnitude and category of the El Niño event in the period from January 2023 to March 2024 in the Sarampión microbasin of the province of Manabí in Ecuador. Through interpolation, a historical base (1980-2017) of precipitation was obtained. Two Sainlogic brand meteorological stations were installed to monitor precipitation in the study area and period, which served in conjunction with the precipitation history for the calculation of the precipitation anomaly index (IAP) for the determination of the magnitude by precipitations, on the other hand. In addition, sea surface temperature anomalies (ATSM) in the El Niño 1+2 region was carried out to determine the category by Coastal El Niño Index (ICEN). In conclusion, the magnitudes of IAP and the monthly ICEN categories were determined, obtaining an IAP for the year 2023 of 2.35, which qualitatively meant a very rainy El Niño.

Keywords: El Niño event, precipitation anomaly index, sea surface temperature anomalies, El Niño Coastal Index.

Introducción

Los eventos de El Niño y La Niña tienen sus repercusiones en la cantidad de precipitaciones en diferentes regiones del Ecuador y el mundo; sin embargo, en la cuantificación de la magnitud en la fase de El Niño, se utiliza también como indicador la temperatura superficial del mar, el cambio de dirección de los vientos atmosféricos, la profundidad de la termoclina, la velocidad de la corriente del Niño como también los impactos en la salud, la

infraestructura y la agricultura (Takahashi et al., 2014).

El impacto de El Niño en América del Sur es modulado por diversos factores, incluyendo la diversidad de los eventos de El Niño, otras variabilidades climáticas dentro y fuera del Pacífico, interacciones climáticas entre cuencas y el calentamiento global. A pesar de los avances en la comprensión de las teleconexiones de El Niño con América del Sur, persisten incertidumbres sobre la robustez de estos impactos y su interacción

* Correspondencia del autor:

E-mail: francisco.velasquezin@espm.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

con el calentamiento global (Cai et al., 2020). Por lo tanto, se requiere un esfuerzo internacional coordinado para cerrar las brechas observacionales, teóricas y de modelado que actualmente limitan el progreso en la predicción y proyección de los impactos de El Niño.

Por otra parte, para Pérez et al. (2022) la variabilidad espacial y temporal de la precipitación a nivel de cuencas hidrográficas en un evento de El Niño tiene un grado incidencia en las anomalías de precipitación; aun así, las anomalías para cada región no tienen que ser una constante ya que dependen de un sinnúmero de factores microclimáticos y macroclimáticos. En concordancia con F. Seidel et al. (2020) para la costa de Ecuador y el norte de Perú la relación espacial y temporal de la precipitación con la temperatura superficial del mar es evidente en el incremento variable de la precipitación en la fase cálida de El Niño.

Es importante destacar que la magnitud de un evento ya sea de El Niño o La Niña dependerá de la permanencia de las condiciones de sus indicadores, adicionalmente las sequías tanto como las inundaciones están estrechamente relacionadas con El Niño-Oscilación del Sur, ENOS o ENSO (inglés), que dependen de la fase y ubicación de la región en estudio (Cai et al., 2020). Por otra parte, es necesario elaborar una secuencia metodológica que permita establecer de manera práctica la magnitud y categoría de estos eventos climáticos.

Es necesario destacar que en una investigación realizada por Thielen et al. (2023) se observó que en la dinámica espacial en Ecuador para los megaeventos EP83 (año 1983), EP98 (año 1998) del Pacífico oriental y El Niño costero COA17 (año 2017), incrementaron sus precipitaciones en la vertiente del Pacífico.

Materiales y Método

La presente investigación tuvo lugar en la microcuenca Sarampión que cuenta con una superficie de 6,43 Km², la cual se encuentra ubicada en el cantón Bolívar, provincia de Manabí perteneciente a la región costa del Ecuador, acorde a Cobeña et al. (2022) el área de estudio cuenta con un clima de tipo tropical megatérmico semihúmedo con una precipitación media anual de 1195,24 mm, definido normalmente por una estación lluviosa de 5 meses y una estación seca de 7 meses.

Para la determinación de la magnitud y categoría del evento de El Niño en el período comprendido desde enero 2023 a marzo 2024 se realizaron varios pasos. El primer paso de este proceso investigativo consistió en la instalación de dos estaciones meteorológicas automáticas inalámbricas de marcas Sainlogic 5 en 1 (medidor de lluvia, velocidad/dirección del viento, temperatura, humedad relativa y presión de aire) en el área de estudio para el seguimiento de las precipitaciones.

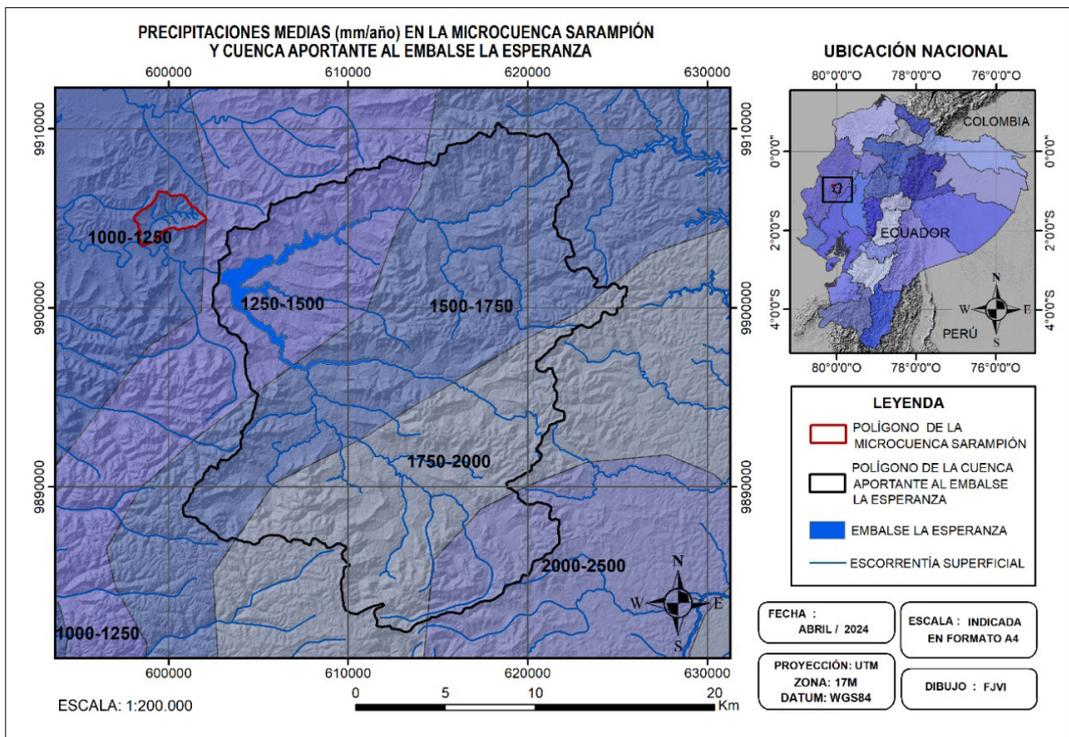


Figura 1. Precipitaciones medias (mm/año) en la microcuenca Sarampión y cuenca aportante al embalse La Esperanza

Tabla 1. Magnitudes por índice de anomalías de precipitación (IAP)

Rango de IAP cuantitativo	Magnitud cualitativa	Rampa de color
Igual o mayor 4	Extremadamente lluvioso	
De 2 a 3,99	Muy lluvioso	
De 1 a 1,99	Moderadamente lluvioso	
De 0,50 a 0,99	Ligeramente lluvioso	
De 0,49 a -0,49	Cercano a lo normal	
De -0,50 a -0,99	Ligeramente seco	
De -1 a -1,99	Moderadamente seco	
De -2 a -3,99	Muy seco	
Igual o menor de -4	Extremadamente seco	

Fuente: Van Rooy (1965) adaptado por Velásquez et al. (2024)

En segunda instancia se obtuvo las precipitaciones medias históricas para la microcuenca de Sarampión mediante interpolación, utilizando una base histórica desde el año 1980 al 2017 de precipitaciones medias de la cuenca aportante al embalse La Esperanza (Velásquez, 2020), cercana al área de investigación como se aprecia en la Figura 1.

En tercer lugar, se calcularon los índices de anomalías de precipitación positivas y negativas establecidos por Van Rooy (1965), en función de la serie histórica interpolada a escala de tiempo mensual e interanual, considerando que estos índices meteorológicos son eficientes en cuanto al resultado, y sencillo en cuanto a su método de cálculo, mediante las siguientes ecuaciones:

$$Si P > P_m \quad IAP = 3 * \left[\frac{P - P_m}{M - P_m} \right] \text{ Ecuación 1}$$

$$Si P < P_m \quad IAP = -3 * \left[\frac{P - P_m}{X - P_m} \right] \text{ Ecuación 2}$$

Donde:

IAP : Índice de anomalía de precipitación

P : Precipitación en análisis (mm)

P_m : Precipitación media de la serie histórica (mm)

Tabla 2. Categorías del índice Costero El Niño - ICEN

Categorías	Valor mensual del ICEN
Fría fuerte	Menor que -1,4
Fría moderada	Mayor o igual que -1,4 y menor que -1,2
Fría débil	Mayor o igual que -1,2 y menor que -1,0
Neutra	Mayor o igual que -1,0 y menor o igual que 0,4
Cálida débil	Mayor que 0,4 y menor que 1,0
Cálida moderada	Mayor que 1,0 y menor que 1,7
Cálida fuerte	Mayor que 1,7 y menor que 3,0
Cálida extraordinaria	Mayor que 3,0

Fuente: Comité ENFEN (2012); Takahashi et al. (2014)

M : Promedio de las 10 más altas precipitaciones de la serie histórica (mm)

X : Promedio de las 10 más bajas precipitaciones de la serie histórica (mm)

En cuarto orden para la determinación cuantitativa y cualitativa de la magnitud por IAP del evento de El Niño 2023 - 2024 en la microcuenca Sarampión, se utilizó la Tabla 1 adaptada por los autores.

Seguidamente se obtuvo las anomalías de temperatura superficial del mar en la región de El Niño 1+2, mediante la página web de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés), a través del enlace: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>, información que sirvió para determinar la categoría mensual del evento de El Niño por índice Costero El Niño (ICEN), aplicando la tabla 2.

Posteriormente empleando el software ArcGIS 10.4.1 se elaboró un mapa de secuencia mensual de anomalías de temperatura superficial del mar en la región 1+2 del océano Pacífico durante período comprendido desde enero 2023 a marzo 2024, empleando imágenes rásteres (extensión .tiff) de las anomalías mensuales de temperatura superficial del mar, obtenidas del enlace: https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/SST_Plots/Monthly_Anomaly.html

Tabla 3. Ponderación cualitativa de Pearson entre la relación de las variables

Coeficiente de correlación Pearson	
Según su valor: Relación entre las variables:	
1	Perfecta
0,9 a 0,99	Excelente
0,8 a 0,89	Buena
0,5 a 0,79	Regular
0 a 0,49	Mala

Fuente: Ruiz (2007) adaptado por Velásquez et al. (2024)

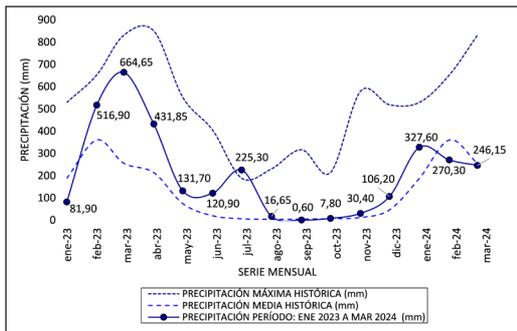


Figura 2. Precipitaciones: máxima histórica, media histórica y período evento de el niño: enero 2023 a marzo 2024 en la microcuenca Sarapiquí

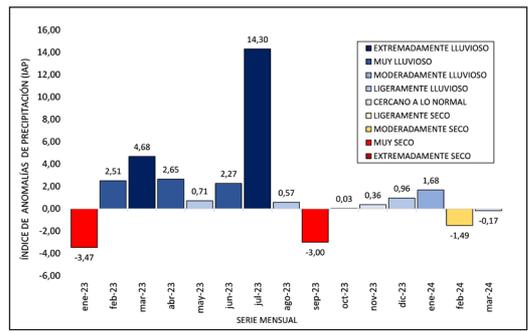


Figura 3. Magnitud por índice de anomalías de precipitación (IAP) desde enero 2023 a marzo 2024

Para la ponderación cualitativa de Pearson entre relación de las variables se aplicó la siguiente escala representada en la tabla 3:

Finalmente se realizó una tabla que muestra el condensado de los resultados de precipitación máxima y media histórica, así como también de la precipitación del período en estudio, mostrando las categorías mensuales del índice Costero El Niño - ICEN de la región: Niño 1+2, y las magnitudes cuantitativas y cualitativas del índice de precipitación - IAP.

Resultados y Discusión

En el análisis de la precipitación en el área y período de estudio (enero 2023 - marzo 2024) de la presente investigación mostraron resultados de precipitaciones entre la máxima y media histórica (Figura 2.), precipitaciones que estuvieron por encima de la media histórica debido al evento de El Niño suscitado para este período y que tienen su mayor influencia por aumento de las lluvias en la costa ecuatoriana, en concordancia con F. Seidel et al. (2020) durante los episodios cálidos en el Pacífico oriental tropical, como el evento de El Niño, la conexión entre la temperatura del mar y la precipitación se hace más clara, evidenciando un aumento en las precipitaciones en estas áreas costeras del Ecuador.

En la figura 3 se muestra la magnitud por índice de anomalías de precipitación (IAP) desde enero 2023 a marzo 2024 el cual muestra 11 meses por encima de la media de precipitaciones y 4 meses por debajo de la media analizada, que en el análisis de precipitaciones multianuales (Figura 4), corresponde a un evento muy lluvioso para el año 2023 según el índice de anomalías de precipitación para el área de la microcuenca de Sarapiquí, identificando al mes de julio del 2023 como extremadamente lluvioso de acuerdo al IAP con categoría de índice Costero El Niño - ICEN de extremadamente cálido (Tabla 4). Acorde a Tavares et al. (2021) el índice de anomalías de lluvia (IAC por sus siglas en portugués) es una herramienta efectiva para evaluar eventos de lluvia inusual en el análisis de las precipitaciones, lo que contribuye a una mejor comprensión de los modos de variabilidad climática, como El Niño y La Niña.

Por otra parte, en el análisis de las magnitudes de precipitación multianual (Figura 4) para el período y área de estudio se observó una magnitud de evento de El Niño de muy lluviosa para el año 2023 con respecto al índice de anomalías de precipitación, que en relación a la investigación realizada Thielen et al.

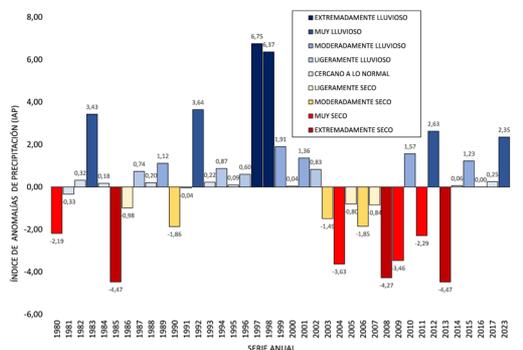


Figura 4. Magnitudes de índice de anomalías de precipitación multianual

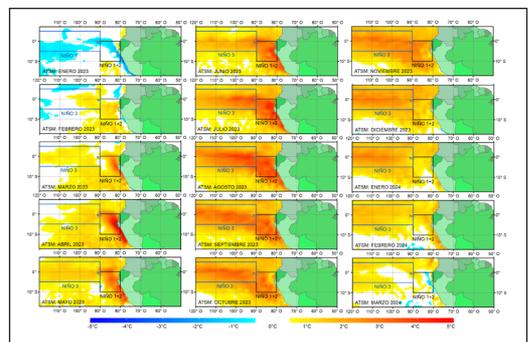


Figura 5. Secuencia de “anomalías de temperatura superficial del mar (ATSM)” en la región 1+2 del océano Pacífico durante el periodo: enero 2023 a marzo 2024, elaborado a partir de los rásteres de extensión .tiff de ATSM, obtenidas del enlace: https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/ENSO/SST_Plots/Monthly_Anomaly.html

Tabla 4. Condensado de precipitación máxima histórica, media histórica, período de análisis, categoría ICEN región: Niño 1+2 y magnitud cuantitativa-cualitativa del IAP

Meses	Precipitación máxima histórica (mm)	Precipitación media histórica (mm)	Precipitación período: enero 2023 a marzo 2024 (mm)	Temperatura superficial del mar (TSM), región: Niño 1+2 (°C)	Anomalías de TSM, región: Niño 1+2	Categorías del índice Costero El Niño - ICEN, región: Niño 1+2	Magnitud cuantitativa del índice de anomalías de precipitación (IAP)	Magnitud cualitativa del IAP
Enero 2023	529,19	188,65	81,90	24,27	-0,24	Neutra	-3,47	Muy seco
Febrero 2023	652,62	360,64	516,90	26,8	0,71	Cálida débil	2,51	Muy lluvioso
Marzo 2023	831,06	255,97	664,65	28,12	1,52	Cálida moderada	4,68	Extremadamente lluvioso
Abril 2023	850,20	214,04	431,85	28,18	2,45	Cálida fuerte	2,65	Muy lluvioso
Mayo 2023	552,23	74,86	131,70	26,63	2,02	Cálida fuerte	0,71	Ligeramente lluvioso
Junio 2023	404,29	20,04	120,90	25,81	2,63	Cálida fuerte	2,27	Muy lluvioso
Julio 2023	188,69	6,67	225,30	25,05	3,21	Cálida extraordinaria	14,30	Extremadamente lluvioso
Agosto 2023	230,78	3,85	16,65	24,16	3,3	Cálida extraordinaria	0,57	Ligeramente lluvioso
Septiembre 2023	316,44	4,83	0,60	23,4	2,82	Cálida fuerte	-3,00	Muy seco
Octubre 2023	214,48	7,06	7,80	23,34	2,46	Cálida fuerte	0,03	Cercano a lo normal
Noviembre 2023	578,94	12,20	30,40	23,85	2,22	Cálida fuerte	0,36	Cercano a lo normal
Diciembre 2023	518,62	46,43	106,20	24,25	1,41	Cálida moderada	0,96	Ligeramente lluvioso
Enero 2024	529,19	188,65	327,60	25,35	0,83	Cálida débil	1,68	Moderadamente lluvioso
Febrero 2024	652,62	360,64	270,30	27,02	0,92	Cálida débil	-1,49	Moderadamente seco
Marzo 2024	831,06	255,97	246,15	26,88	0,28	Neutra	-0,17	Cercano a lo normal

(2023), los eventos de El Niño en la costa ecuatoriana varían considerablemente según el tipo de evento, con impactos profundos en la precipitación, la economía y la infraestructura. Los eventos de El Niño del Pacífico Oriental (EP) y los eventos de El Niño Costero (COA) presentan diferencias significativas en la distribución espacial y temporal de las anomalías de precipitación. Por ejemplo, los eventos EP de 1982/83 y 1997/98 generaron anomalías extremas de precipitación que afectaron principalmente a altitudes de hasta 1000 metros y 500 metros, respectivamente, mientras que

el evento COA de 2017 afectó altitudes de hasta 800 metros. Los eventos de El Niño no solo causan daños directos a la infraestructura y la agricultura, sino que también tienen repercusiones socioeconómicas significativas, como migraciones masivas y brotes de enfermedades. Comprender estas diferencias es crucial para la gestión efectiva de los riesgos asociados con estos eventos climáticos extremos, que ayudan a la implementación de estrategias de mitigación y adaptación más adecuadas para reducir la vulnerabilidad de las comunidades afectadas.

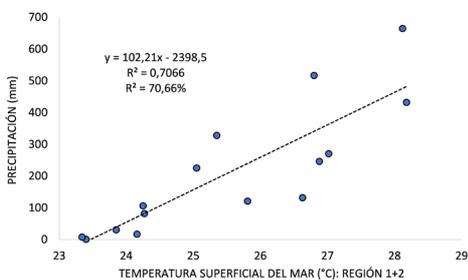


Figura 6. Correlación de la precipitación del período: enero 2023 a marzo 2024 en la microcuenca Sarampión versus la temperatura superficial del mar en la región 1+2 del océano Pacífico

Actualmente los sistemas de información geográfica (SIG) en el estudio de las dinámicas de las variables del clima, han ayudado a mejorar los modelos climáticos y el entendimiento de los parámetros meteorológicos y de temperatura superficial del mar (TSM) en las investigaciones de los eventos de El Niño y La Niña. Mediante el uso de los SIG se obtuvo una secuencia de anomalías de TSM en la región 1+2 del océano Pacífico (Figura 5), en el cual se evidenció una correlación positiva de 70,66% equivalente a regular según la ponderación cualitativa de Pearson (Tabla 3), entre la relación de las variables TSM (°C) de la región: Niño 1+2 y precipitación (mm) del período observado: enero 2023 a marzo 2024 (Figura 6).

Con relación a Nieto (2020) que presentó un estudio detallado sobre la relación entre la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2 y las precipitaciones en Guayaquil (costa ecuatoriana), encontró una alta correlación entre los índices Niño 1+2 y Oscilación Madden-Julian (MJO) en la longitud 120W, con las precipitaciones para los meses de enero, marzo y abril, con coeficientes de determinación (R^2) de 0,80, 0,77 y 0,82, respectivamente; mientras que, para febrero la correlación fue baja (0,19), de un bloque de tiempo desde 1978 a 2004 de precipitación acumulada.

Como parte final de este artículo se condensó toda la información de esta investigación en la tabla 4, en el que se observa las precipitaciones máximas históricas, medias históricas, período de análisis, categoría ICEN región: Niño 1+2 y magnitudes cuantitativas y cualitativas del índice de anomalías de precipitación (IAP), detalladas mensualmente desde enero del 2023 a marzo 2024.

Conclusiones

La precipitación en el área y período de estudio (enero 2023 - marzo 2024) mostraron resultados de precipitaciones en la mayoría de los meses (11 de 15) entre la máxima y media histórica, debido al evento de El Niño suscitado en este período evidenciado por un aumento de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región 1+2 y un incremento de las lluvias en la costa ecuatoriana.

La magnitud por índice de anomalías de precipitación (IAP) para el año 2023 fue de 2,35 que cualitativamente significó un Niño de magnitud muy lluvioso, acorde al análisis multianual de una serie de tiempo de 38 años de precipitaciones medias mensuales (1980-2017) en la microcuenca de Sarampión.

Existió una correlación positiva de 70,66% del coeficiente de determinación (R^2) equivalente a regular según ponderación cualitativa de Pearson entre las variables: anomalías de la TSM en la región Niño 1+2 y las precipitaciones en la microcuenca de Sarampión para el período: enero 2023 a marzo 2024.

Recomendaciones

Promover estrategias de ajuste de variabilidad climática en la región costera de Ecuador que ayuden a disminuir la susceptibilidad frente a fenómenos climáticos extremos tomando en cuenta precipitaciones máximas, medias y mínimas históricas, categorías ICEN región: Niño región 1+2 y magnitudes del IAP.

Implementar sistemas de alerta temprana mediante el continuo análisis de las magnitudes por índices de anomalías de precipitación y categoría del evento de El Niño en concordancia con las medidas de preparación, respuesta y recuperación que

permitan resistir y mitigar los impactos de las precipitaciones extremas asociadas con El Niño, que incluya capacitación y concientización constante a la población en coordinación y colaboración con entidades gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y comunidades locales.

Entender que las correlaciones de la variable TSM y precipitaciones en la costa ecuatoriana subrayan en la complejidad de los procesos climáticos que desembocan en la variabilidad espacio temporal de dichos parámetros, y la necesidad de considerar otras variables que permita obtener una menor incertidumbre de los resultados.

Referencias

- Cai, W., McPhaden, M.J., Grimm, A.M., Rodrigues, R.R., Taschetto, A.S., Garreaud, R.D., Dewitte, B., Poveda, G., Ham, Y.G., Santoso, A., Ng, B., Anderson, W., Wang, G., Geng, T., Jo, H.S., Marengo, J.A., Alves, L.M., Osman, M., Li, S., Wu, L., Karamperidou, C., Takahashi, K. y Vera, C. (2020). Climate impacts of the El Niño-Southern Oscillation on South America. *Nat. Rev. Earth Environ.* 1, 215-231., <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>
- Cobaña, H., Velásquez, F., Navarrete, J. y Delgado, C. (2022). Caracterización biofísica de la microcuenca Sarampión, Manabí - Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales* 16(2)., <https://doi.org/10.53591/cna.v16i2.1863>
- ENFEN, (2012). Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú, Nota Técnica., <https://www.dhn.mil.pe/portal/nota-tecnica-enfen>
- F. Seidel, H., Perugachi Salamea, C., García Arévalo, I. y González Narváez, M. (2020). La relación entre la precipitación en Ecuador y la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico. *Revista Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 2(1)., <https://doi.org/10.54140/raop.v2i1.22>
- FIMCM (2023). Informe técnico: Índice de Oscilación del Sur. Buró Meteorológico de Australia (BOM). Eds. Jonathan Cedeño, Dayanara Navarrete. Proyecto El Niño, FIMCM-ESPOL. Guayaquil., http://www.enos.espol.edu.ec/sites/default/files/U%20Ed_Nota_SOI_BOM_v1.pdf
- Nieto, J. J. (2020). Modelo de regresión lineal múltiple para determinar influencias del Índice Niño 1+2 y la MJO sobre las precipitaciones en Guayaquil durante enero-febrero-marzo y abril. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 2(1), 35-41. <https://doi.org/10.54140/raop.v2i1.23>
- Pérez-Ortiz, M.A., Montenegro-Murillo, D.D. y Vargas-Franco, V. (2022). Análisis de la influencia de la variabilidad climática en la precipitación de la cuenca del río Cali, Colombia. *DYNA*, 89(221), pp. 168-177., <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n221.101607>
- Ruiz, M. 2007. Curso de Estadística Básica, Inferencias Estadísticas II, Sección V. Fundación de la formación e investigación sanitaria de la región de Murcia. En sitio web: http://www.fffes.es/ups/Sesion_V_VI.ppt
- Takahashi, K., Mosquera, K. y Reupo, J. (2014). El Índice Costero El Niño (ICEN): historia y actualización. Boletín técnico: Generación de modelos climáticos para el

- pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño, Instituto Geofísico del Perú, 1 (2), 8-9., <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4639>
- Tavares, C. M. G., Carvalho, P. M., Oliveira, T. A., Sanches, F. y Ferreira, C. C. M. (2021). O uso do índice de anomalia de chuva (iac) em juiz de fora- minas gerais. Revista Equador (UFPI), 10(1), 222-244. <https://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>, <https://doi.org/10.26694/equador.v10i01.12207>
- Thielen, D. R., Ramoni-Perazzi, P., Zamora-Ledezma, E., Puche, M. L., Marquez, M., Quintero, J. I., Rojas, W., Quintero, A., Bianchi, G., Soto-Werschitz, I. A. y Arizapana-Almonacid, M. A. (2023). Effect of extreme El Niño events on the precipitation of Ecuador, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 23, 1507-1527., <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1507-2023>
- Van Rooy, M.P. (1965). A rainfall anomaly index independent of time and space. Notos, 14, 43-48.
- Velásquez, F. (2020). Modelo de simulación dinámica aplicado al aprovechamiento eficiente del embalse La Esperanza, Manabí - Ecuador. Tesis para optar grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú., <https://hdl.handle.net/20.500.12672/11569>