

Determinación de la variabilidad climática mediante la aplicación de índices de cambio climático, provincia de Orellana.



Determination Of Climate Variability Through The Application Of Climate Change Indices, Province Of Orellana.

María Paulina Poma Copa.¹, Mirian Yolanda Jiménez Gutiérrez.², Marco Ramiro Usca Tiuquinga.³ & Mario Francisco Játiva Reyes.⁴

Recibido: 20-04-2019 / Revisado: 25-05-2019 / Aceptado: 28-06-2019/ Publicado: 30-07-2019

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.816>

The present study aims to generate basic information for planning and adaptation to climate change and climate variability in the province of Orellana in the last 10 years. The volumes approved for forest management programs in native forest from the period 2011 to 2014 is 327,241.22 m³ corresponding to 56%, forest management programs in pioneer formations and regeneration 102,569.23 m³ with a percentage of 18%, forest management programs in agroforestry systems it is 141,561.64 m³ with a percentage of 24%, forest management programs in forest plantations is 11,564.84 with 2% percentage activities that cause effects on the environment and contribute to climate change. To calculate the daily extreme events of maximum and minimum temperature and precipitation PRCP, TMAX, TMIN for the period 1982-2015 with the information provided by INAMHI, we used RCLindex software, through which 24 of 27

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Facultad Recursos Naturales. Francisco de Orellana, Ecuador. paulina.poma@epoch.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Facultad Recursos Naturales. Francisco de Orellana, Ecuador. mirian.jimenez@epoch.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Facultad Recursos Naturales. Francisco de Orellana, Ecuador., mario.jaitiva@epoch.edu.ec

⁴ Universidad Salburg, Departamento de Geoinformática (Z_GIS), San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. marcousca@hotmail.com

recommended climate change indexes were calculated. ETCCDI, climatic variability was also evaluated through the use of isohyets and isotherms maps in ArcGIS. A change in precipitation and temperature indices has been detected since the year xxx. Information that requires future analysis to determine its causes.

Keywords: Forest management, Rclimdex, climatic changes, precipitation

Resumen.

El presente estudio tiene como objetivo generar información básica para la planificación y adaptación al cambio climático y la variabilidad climática para implementar sistemas de producción sostenibles para la agricultura en la provincia de Orellana. Los volúmenes aprobados para programas de manejo forestal en bosque nativo del período 2011 al 2014 es de 327.241,22 m³ correspondiente al 56 %, programas de manejo forestal en formaciones pioneras y regeneración 102.569,23 m³ con un porcentaje 18 %, programas de manejo forestal en sistemas agroforestales es de 141.561,64 m³ con un porcentaje 24 %, programas de manejo forestal en plantaciones forestales es de 11.564,84 con porcentaje 2 % actividades que causan efectos al ambiente y aportan al cambio climático. Para calcular los eventos extremos diarios de temperatura máxima y mínima y precipitación PRCP, TMAX, TMIN del período 1982-2015 con la información proporcionada por el INAMHI, utilizamos software Rclimdex, a través del cual se calculado 24 de 27 índices de cambios Climáticos recomendados ETCCDI, se evaluó también la variabilidad climática a través del uso de mapas de isoyetas e isotermas en ArcGIS. Se ha detectado un cambio de los índices de precipitación y temperatura a partir de período 1900-2017 Información que requiere de futuras análisis para determinar sus causas.

Palabras claves: Variable, cambio climático, precipitación, temperatura.

Introducción.

La provincia de Orellana, se encuentra ubicada al nororiente del país, en la Región Amazónica Ecuatoriana se extiende sobre un área de 123.000 Km² de exuberante vegetación propia de los bosques húmedos tropicales y corresponden al 45% del territorio nacional y al

1.67% de la cuenca Amazónica en 1989, la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura (UNESCO), declaró al Yasuní como la Reserva de Biósfera Yasuní, ubicada en la provincia de Orellana, lugar donde además se encuentran empresas hidrocarburíferas del Ecuador. Iniciando así la preocupación sobre la posibilidad de un cambio climático (GAPO, 2015).

Entendiéndose por cambio climático a una importante variación estadística en el estado habitual del clima o en su variabilidad, que persiste durante un extenso período, por lo general durante decenios o períodos más largos. Puede ser consecuencia de procesos internos naturales o cambios antropogénicos constantes en la composición de la atmósfera o en la explotación de la tierra. (Organización Meteorológica Mundial, 2011)

Desde mediados del siglo XIX, el aumento promedio de la temperatura de la superficie terrestre ha sido 0,05 grados centígrados (°C). En el quinto informe de evaluación Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), en la base científica física, evidenciaron un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciado en los meses estivales que en los invernales, una reducción de la precipitación anual, un aumento de los extremos relacionados con precipitación de tipo tormentoso. Además, en el sexto informe de evaluación los miembros de (IPCC) han acordado realizar tres informes especiales uno sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5 (°C), sobre los niveles preindustriales y las vías de emisión de los gases de efectos invernadero (GEI) en ecosistemas terrestres, el cambio climático en los océanos y la criosfera informe que será presentado en el año 2023.

El Clima

El clima es concebido como un sistema que se mantiene en el espacio, y el tiempo gracias al intercambio de energía que se produce a nivel de la superficie terrestre mediante la circulación general del aire. El clima en la amazonia de acuerdo a la clasificación Köppen es clima tropical húmedo Am. Los elementos del sistema climático consisten en cualquiera de las propiedades del sistema climático que permiten describir el tiempo y el clima en un lugar dado durante un determinado período de tiempo los elementos climáticos más utilizados son:

Elementos geodinámicos $\left\{ \begin{array}{l} \textit{Temperatura} \\ \textit{Presión} \\ \textit{Viento} \end{array} \right\}$

Elementos acuosos $\left\{ \begin{array}{l} \textit{Humedad} \\ \textit{Nubosidad} \\ \textit{Precipitación} \end{array} \right\}$

Existen además factores que modifican los climas insolación, latitud, altitud, corrientes marinas, distribución de tierras y mares, vegetación y suelo entre otros (Teresa Ayllón, 2013).

Variabilidad climática

Es usada para destacar variabilidad dentro del clima, o fluctuaciones en las propiedades estadísticas sobre períodos de meses, años o décadas. De esta manera se determina límites dentro de los cuales los valores medios, desvíos o frecuencias de valores entre los límites establecidos puede ser aceptado como normal. Cuando las propiedades estadísticas de una secuencia de años, décadas difieren considerablemente respecto de otra secuencia de años, décadas de referencia, podemos hablar de Cambio Climático sobre una escala de tiempo adecuado. (Lowry, 1980)

En el aspecto espacial el ejemplo más utilizado de esta variabilidad, es la clasificación climática por zonas, cada una de ellas relativamente homogénea en espacio y tiempo con respecto a las variables consideradas durante períodos de tiempo previamente establecidos. (Jorge A. Amador , 2009).

Las variables climáticas que se utilizarán para el análisis estadístico son los registros diarios de precipitación (RP) medidos en milímetros (mm) de lluvia, temperaturas máximas (Tmax) y Temperatura mínima (Tmin) en grados centígrados (°C).

Cambio Climático

A nivel global se percibe por la elevación de las temperaturas comparadas con los registros históricos en cada zona del planeta en la época respectiva del año. En los últimos 25 años el proceso se ha acelerado donde se cifra en 0,5 °C por década, lo que constituye una amenaza

emergente para la salud pública. Los cambios del clima a larga el plazo influyen en la salud y en la viabilidad de todos los ecosistemas, con afectación para la distribución de plantas, los agentes patógenos, los animales e incluso el asentamiento humano (Días, 2013).

La convención de Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático CMNUCC, se refiere aquel cambio producto de la actividad humana a través de su alteración sobre la composición química atmosférica, debido a la mayor presencia de Gases de Efecto Invernadero (GEI), aunque estos cambios se debe sumar a la variabilidad natural que pueden ser atribuidas al cambio climático, un incremento general y gradual de la temperatura, cambios en los comportamientos de las precipitaciones e incremento de eventos extremos (Zuleta, 2012).

En la provincia de Orellana el volumen aprobado para programas de manejo forestal en bosque nativo del período 2011 al 2014 es de 327.241,22 m³ correspondiente al 56, el volumen aprobado para programas de manejo forestal en formaciones pioneras y regeneración 102.569,23 m³ con un porcentaje 18 %, el volumen aprobado para programas de manejo forestal en sistemas agroforestales es de 141.561,64 m³ con un porcentaje 24 %, el volumen aprobado para programas de manejo forestal en plantaciones forestales es de 11.564,84 con porcentaje 2 % reportados por el sistema de administración forestal Ministerio del Ambiente, actividades que aportan al cambio climático (Dirección Nacional Forestal, 2015).

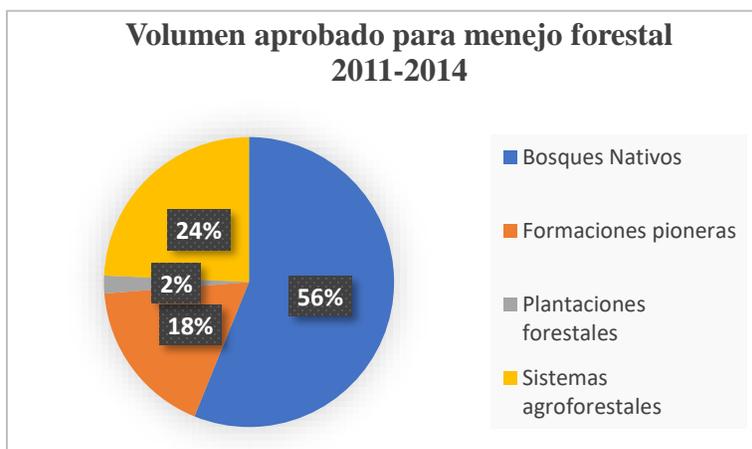
Tabla 1. Manejo forestal en bosque nativo

Programas	m³	%
Bosques Nativos	327241,22	56
Formaciones pioneras	102569,23	18
Plantaciones forestales	11564,84	2
Sistemas agroforestales	141561,64	24
	Total	100

Fuente: (Dirección Nacional Forestal, 2015)

Elaborado Por: Los Autores

Figura 1. Volumen aprobado de manejo forestal Orellana



Elaborado por: Los Autores

Eventos Extremos

El cambio climático puede provocar un aumento en la frecuencia o intensidad de eventos climáticos extremos como son las sequías severas y precipitaciones intensas.

- El incremento de Temperatura promedio se incrementa la presencia de vapor de agua.
- La presencia de mayores cantidades de GEI y otros contaminantes en la atmósfera aumentan la probabilidad de los eventos lluviosos intensos.
- El calentamiento acelera el secado de la superficie del suelo afectando fuentes de agua, creando condiciones propicias para incendios forestales (Zuleta, 2012).

Índices de Cambios Climáticos

Los índices climáticos es combinar analíticamente varios elementos del clima con el fin de establecer diferentes tipos climáticos sintéticos. Un inconveniente de estos índices es la falta de generalidades y de objetividad, en el cálculo se utilizan valores medios prescindiendo de la variabilidad temporal. Dentro de los índices tenemos índice de Aridez, índice de Lang, índice de Martonne, Índice de Emberger y criterios de aridez de la UNESCO (Íñigo Aguirre de Cárcer Pilar Carral, 2009).

En el Ecuador se han realizado estudios con el fin de comprender la dinámica y evolución de los eventos climáticos extremos mediante el análisis de tendencias de los principales

elementos del sistema climático como la temperatura máxima, mínima y la precipitación a resolución diaria. El grupo de expertos en detección de Índices de cambios Climáticos (ETCCDI) han desarrollado una serie de índices para que los diferentes países y regiones puedan calcular los índices exactamente de la misma manera para que sus análisis encajen en el panorama global (Quisaguano, 2018). En la Tabla 1 se muestra los índices recomendados por el ETCCDI de los cuales fueron elegidos como básicos 27 de una lista de 40 para un análisis de eventos climáticos extremos, considerando valores diarios de temperatura, cantidad de precipitación diaria y umbrales fijos de relevancia para aplicaciones particulares.

Tabla 2. Resumen Índices de cambios Climáticos recomendados ETCCDI.

criterio	Nombre de Indicador	Indicador	Unidad	Cumplimiento
Temperatura mínima (T° en la noche)	Noches Frías	TN10p	Días	Porcentaje de días cuando la T° nocturna (TN)<10 th.
	Noches cálidas	TN90p	Días	Porcentaje de días cuando la TN>90th
	Temperatura nocturna mínima	TNn	°C	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria
	Temperatura nocturna máxima	TNx	°C	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria
	Duración de los periodos fríos	CSDI	Días	Contaje anual de días que por lo menos 6 días consecutivos en que TN>10th percentil
	Días con heladas	FDO	Días	Número de días en un año cuando TN (mínimo diario) < 0 °C
	Noches tropicales	TR20	Días	Número de días en un año cuando TN (mínimo diario) > 20 °C
	Promedio de la T°	TMINmean	°C	Valor promedio de la temperatura mínima
	Días fríos	TX10p	Días	Porcentaje de días cuando TX <10 th percentil

Temperatura máxima (T° en el día)	Días calurosos	TX90p	Días	Porcentaje de días cuando TX > 90 th percentil
	Temperatura máxima durante el día	TXx	°C	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria
	Temperatura mínima durante el día	TXn	°C	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria
	Duración de periodos cálidos	WSDI	Días	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX > 90 th percentil
	Días de verano	SU25	Días	Número de días en un año cuando TX (máxima diaria) > 25 °C
Temperatura máxima (T° en el día)	Rango diurno de temperatura	DTR	°C	Diferencia media mensual entre TX y TN
Precipitación	Precipitación máxima en 1 día	RX1 day	mm	Máximo mensual de precipitación en 1 día.
	Precipitación máxima en 5 días	Rx5day	mm	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos
	Índice simple de intensidad	SDII	Mm/día	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP >= 1.0 mm).
	Días con lluvia mayor a 10 mm	R10	Días	Número de días en un año en que PRCP >= 20 mm.
	Días secos consecutivos	CDD	Días	Número máximo de días consecutivos con RR >= 1 mm
	Días lluviosos consecutivos	CWD	Días	Número máximo de días consecutivos con RR >= 1 mm
	Días muy lluviosos	R95p	mm	Precipitación anual total en que RR > 95 percentil
	Días extremadamente lluviosos	R99p	mm	Precipitación anual total en que RR > 99 percentil
	Precipitación total anual	PRCPTOT	mm	Precipitación anual total en los días húmedos (RR >= 1 mm).

Fuente: Vázquez (2010)

Elaborado Por: Los Autores

Área de estudio.

El instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) es el encargado de operar y mantener la infraestructura nacional de las estaciones Meteorológicas e hidrológicas de recopilar, procesar, publicar y difundir la información Hidrometeorológica en el Ecuador de acuerdo a las normas internacionales establecidas por la Organización Meteorológica (OMM).

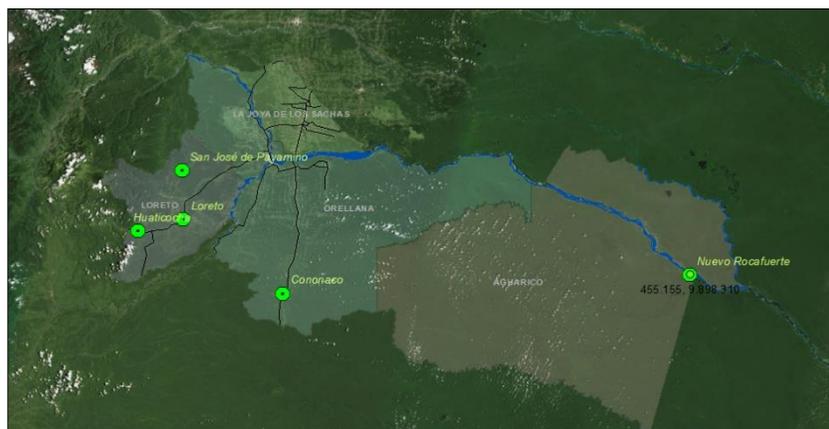
Tabla 3. Estaciones Meteorológicas en Orellana

Estación	Código	Latitud	Longitud	Elevación
Nuevo Rocafuerte	M0007	0G 55' 12" S	75G 24' 11" W	185.00
Loreto	M0563	0G 41' 56" S	77G 18' 47" W	420.00
Huaticocha	M1171	0G 44' 43" S	77G 29' 01" W	632.00
San José de Payamino	M1221	0G 30' 14" S	77G 19' 03" W	345.00
Cononaco	M1232	0G 59' 34" S	76G 56' 15" W	281.00

Fuentes: INAMHI -2018

Elaborado Por: Los Autores

Mapa 1. Estaciones Meteorológicas con índices climáticos seleccionados



Fuentes: INAMHI -2018

Elaborado Por: Los Autores

Metodología Aplicada

La metodología general consiste en los siguientes pasos.

1. Seleccionar las estaciones metereológicas, ubicadas en Orellana.
2. Revisión y análisis de datos diarios de precipitación y temperatura máxima y mínima.
3. Cálculo de índices de cambio climático RCLimdex.
4. Elaboración de gráficos.

Revisión y análisis de datos.

El objetivo fundamental de la gestión de los datos climáticos consiste en conservar, captar y proporcionar datos para obtener productos climáticos para que las instancias planificadas y decisorias, así como los investigadores lo utilicen el mismos que debe suministrar la información para describir el clima del ámbito para el que se haya establecido el archivo ya sea nacional, regional o mundial (Organización Metereológica Mundial, 2011).

Para el análisis índice climático es necesario recurrir a datos proporcionada por el ente de control INAMHI. Los datos proporcionados se detallan a continuación:

Tabla 4. Período de datos INAMHI (1900-2017)

Estación Metereología	Variable climática	Datos	
Nuevo Rocafuerte	Nubosidad	1900	2017
	Viento		
	Temperatura	1900	2017
	Humedad	1900	2017
Loreto	Heliofonía		
	Precipitación	1900	2017
Huaticocha	Precipitación	1900	2017
	Precipitación		
Canonaco	Heliofonía	1900	2017
	Viento	1900	2017
Payamino	Nubosidad		
	Humedad	1900	2017

Fuentes: INAMHI -2018

Elaborado Por: Los Autores

Análisis de datos diarios con RCLimdex

Para determinar los índices de cambio climáticos se contó con la información de las estaciones que cuenten con datos de 30 años diarios y que además contengan las variables

precipitación, temperaturas máximas y temperaturas mínimas según las recomendaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático ETCCDI.

- Control de calidad con Rclimdex.
- Análisis de homogeneidad
- Homogeneización de series de temperaturas

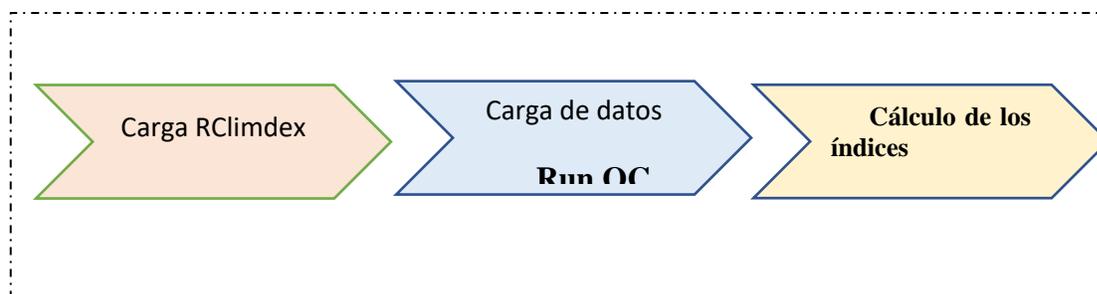
Cálculo de índices RClindex

Con los datos proporcionados de temperatura, precipitación, heliofanía, humedad, nubosidad, viento por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI de la Estación Meteorología de Nuevo Rocafuerte del período 1900 – 2017, ubicado en Latitud: 0G 55' 12" S, Longitud: 75G 24' 11" W, Elevación: 185.00. Se procede a calcular cada índice de cambio climático utilizando el software libre R versión 3.5.1 (2018-07-02).

Las variables de estudio de RClindex son (TX, Tn y R), para realizar el cálculo de los índices es necesario contar con estaciones que cuenten con los datos diarios y que además contengan las variables de precipitación, temperaturas máximas y mínimas. A continuación, se detalla el procedimiento para el cálculo de los índices de cambio climático:

1. Selección de datos completos y continuos.
2. Análisis y control de calidad de datos.
3. Análisis de homogeneidad.
4. Los datos deben formatearse como archivo de texto ASCII.
5. Formar Columnas con la siguiente secuencia año, mes, día, PRCP, TMAX, TMIN.
6. El formato descrito debe estar delimitado por espacios.
7. Los datos faltantes deben codificarse como -99.9; los registros de datos deben estar en orden de fecha del calendario.

Figura 2. Registro de datos RClindex



Preparación de la información

La información proporcionada por el INAMHI son de tipo ASCII siendo este incompatible con RCLimindex, previo a cargar la información en el software se debe cambiar a formato de tipo ACII, la información debe estar en columnas con la siguiente secuencia: Año, Mes, Día, PRCP, TMAX, TMIN.

Una vez cambiada la información al formato compatible con el software RCLimindex, se procede a cargar la información donde se calcula los índices de cambio climático el resultado generados por el software RCLimindex se detallan a continuación:

Tabla 5. Resultados Índices de cambio climático Software RCLimindex

Índices	Syear	Eyear	Slope	STD_of_Slope	P_Value
txn	1900	2017	0.055	0.015	0.2
txx	1900	2017	0.058	0.020	0.018
Fd0	1900	2017	0.028	0.356	0.568
Su20	1900	2017	1.35	0.578	0.039

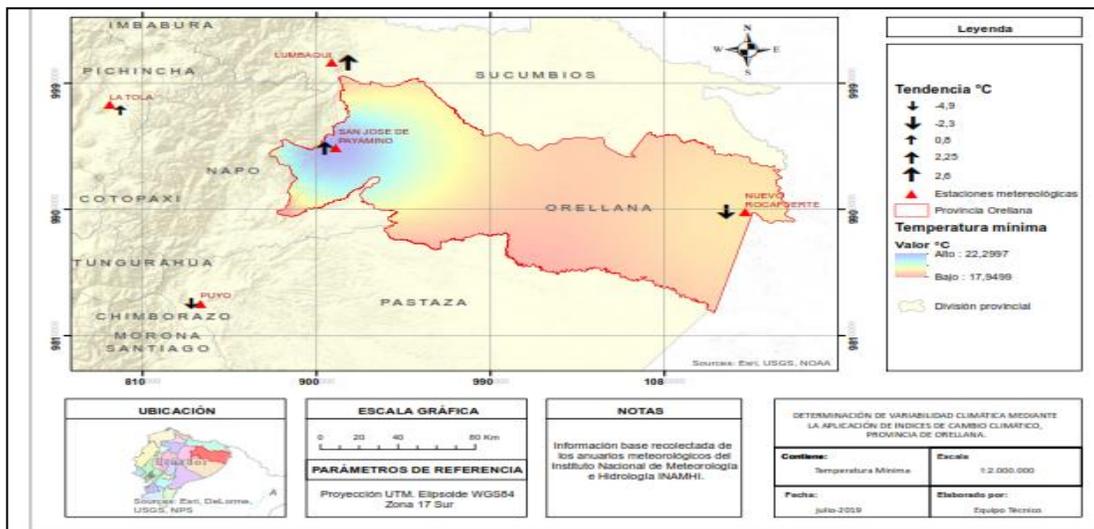
Elaborado Por: Los Autores

Resultados y Discusión

Temperatura

De la información proporcionada por el INAMHI la temperatura media mensual del período 1900-2017 es de Tm 24.2 °C y Tmx 26.1 registrados en la estación meteorológica San José de Payamino. De la estación Huaticocha no se registran datos en el período 1900-2017. En la estación meteorológica Nuevo Rocafuerte la Temperatura media mensual del período 1900-2017 es la Tm 22.8 °C y la Tmx 27,8 °C. Mediante la aplicación de un sistema Información Geográfica SIG, se observa la tendencia de la Tmx y Tm del área de estudio.

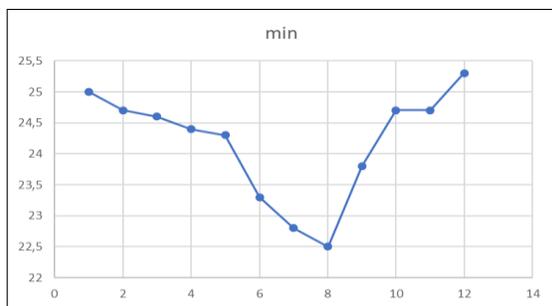
Mapa 2. Temperaturas Mínimas de la provincia de Orellana



Elaborador Por: Los Autores

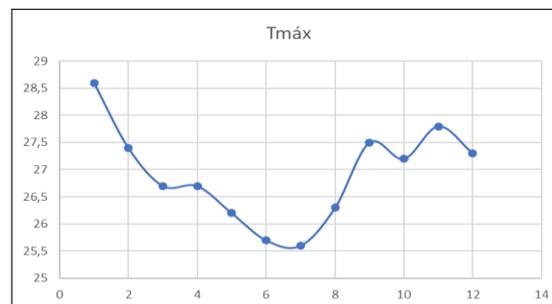
Las flechas se refieren a tendencias significativas y el tamaño de la flecha significa el cambio de Temperatura. La Tm en el cantón Aguarico, Nuevo Rocafuerte es 17.94 °C Baja, en el cantón Loreto, San José de Payamino la Tm 22.29 °C alta con una tendencia significativa de 0.8 °C.

Figura 3. Temperatura Mínima



Elaborador Por: Los Autores

Figura 4. Temperatura Máxima



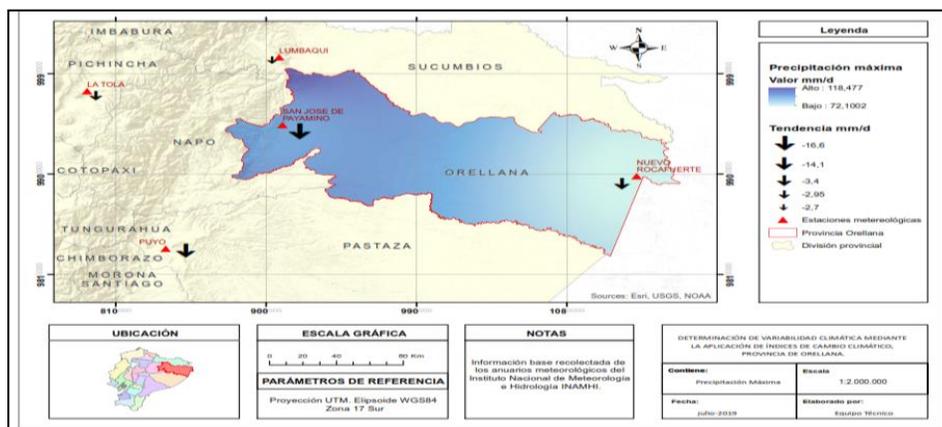
Elaborador Por: Los Autores

Precipitación

La precipitación total mensual del período 1900-2017 registrados en la estación meteorológica Cononaco presenta una precipitación mínima 112.7 mm y la precipitación máxima 588.8 mm, en San José de Payamino Precipitación máxima 673.1 mm, Huaticocha

Pmm 81.1 mm y la Pmáx. 1152.5 mm y en Nuevo Rocafuerte Pmm 2.8 mm, Pmáx 616.9 mm como podemos observar en el mapa de precipitaciones.

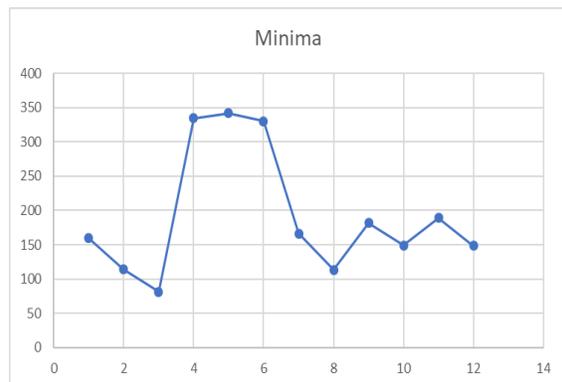
Mapa 3. Precipitación máxima de la Provincia de Orellana



Elaborador Por: Los Autores

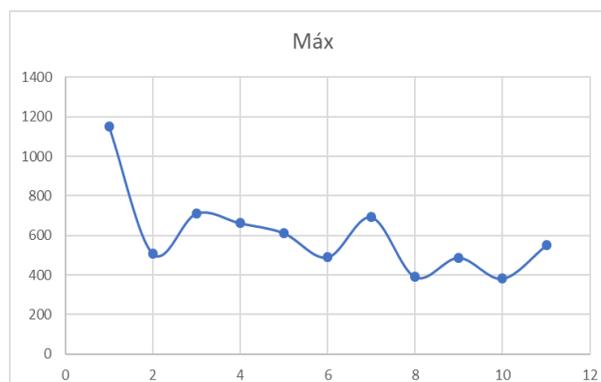
La precipitación máxima valor mm/d, se evidencia una precipitación baja 72.1002 mm/d en Nuevo Rocafuerte y en San José de Payamino la precipitación alta 118.477 mm/d existe una tendencia a la baja precipitación -2.7 mm/d tal como se observa en el mapa3.

Figura 5. Precipitación mínima



Elaborador Por: Los Autores

Figura 6. Precipitación máxima

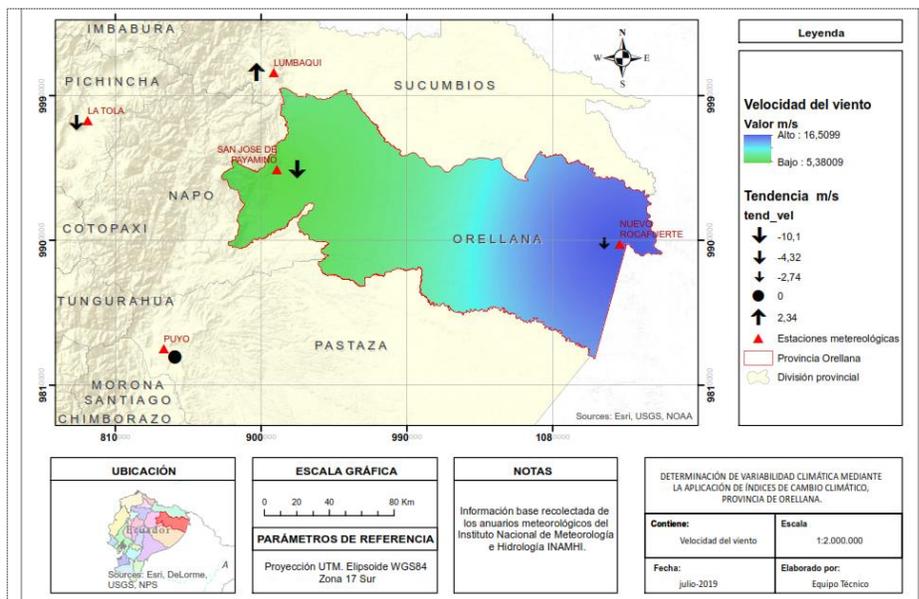


Elaborador Por: Los Autores

Viento Dirección Predominante – velocidad 13H (m/s).

La dirección predominante de la velocidad del viento registrado en el período 1900-2017 en San José de Payamino e V min es de 2.0 m/s, V máx 5 m/s, en Nuevo Rocafuerte Vmin. 1.2 m/s y V máx 3.9 m/s mediante la aplicación de SIG.

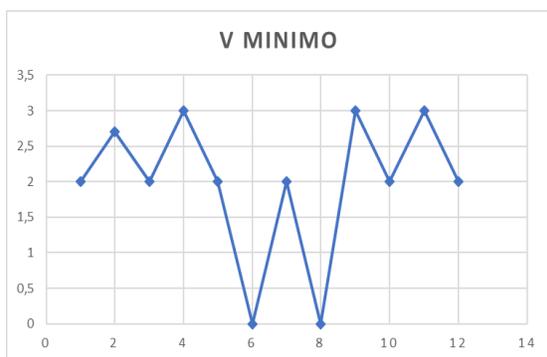
Mapa 4. Velocidad del viento de la provincia de Orellana



Elaborador Por: Los Autores

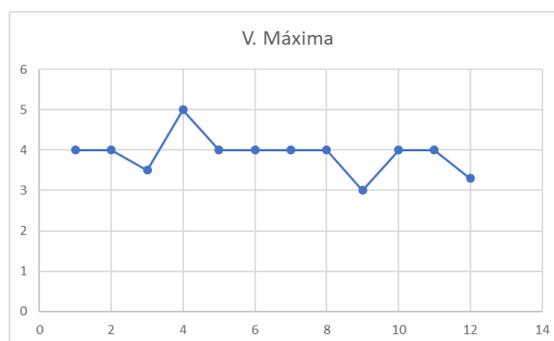
La velocidad del viento en San José de Payamino tiene una tendencia baja 5.3800 m/s y en Nuevo Rocafuerte la tendencia de la velocidad del viento es alta 16.5099 m/s, con una tendencia a la baja de -2,74 m/s.

Figura 7. Velocidad del viento Mínima m/s



Elaborador Por: Los Autores

Figura 8. Velocidad del viento Máxima m/s



Elaborador Por: Los Autores

Discusión

La temperatura máxima se estudia el comportamiento de la temperatura media anual, en la figura 4 se observa una tendencia a la baja de la temperatura, pero por los meses de agosto a diciembre la temperatura tiende a subir 0.8 °C. De un estudio de proyección de temperatura media anual 2011-2040 se observa que el cambio de temperatura estaría en un incremento en

la Amazonía 0,75 – 0,9 °C incrementándose la temperatura en la región Amazónica superiores del orden 1,3 °C a 3.5 °C respectivamente (Ministerio del Ambiente, 2017). En el Ecuador, este patrón tendría un comportamiento inverso, pues en la región amazónica ecuatoriana los cambios esperados serían más fuertes que en la región costera,

La precipitación máxima tiende una tendencia a la baja tal como se observa en la figura 6, de precipitación de -2.7 mm. Según interpretación de proyecciones climáticas a escala regional periodo 2020-2039. El cambio climático presenta un promedio en la región amazónica el valor precipitaciones de -1%. El cambio climático muestra en promedio que la región interandina experimenta una tendencia positiva del valor de cambio de la precipitación del orden del 13% (Ministerio del Ambiente, 2017).

Conclusiones.

- Seleccionaron los índices recomendados por el ETCCDI de los cuales fueron elegidos como básicos 27 de una lista de 40 para un análisis de eventos climáticos extremos, considerando valores diarios de temperatura, cantidad de precipitación diaria y umbrales fijos de relevancia para aplicaciones particulares.
- Se realizó el análisis estadístico del comportamiento de la precipitación y temperatura máxima y mínimas, en térmicos de los índices climáticos en el software RClimdex txn (Temperatura mínima durante el día) es de 0.2 °C y txx (Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria) 0.018 °C.
- Las tendencias de los datos históricos de las 5 estaciones meteorológicas que se encuentran ubicados en la provincia de orellana, se evidencian 75 % de confianza que existirá cambios significativos de comportamiento del cambio de temperatura, el 25 % restante no se cuenta con todos los registros diarios lo que no permite obtener una información 100 % de confianza.
- Las variaciones drásticas de precipitaciones, causan un efecto en la fisiología de las plantas, notorias básicamente en precipitaciones altas ya que por coincidir también con temperaturas altas las plantas se vuelven más frágiles, lo que conlleva a mayor susceptibilidad y vulnerabilidad frente a la presencia de hongos y bacterias que en los trópicos húmedos existen, por lo que las enfermedades proliferan a nivel radicular, en el tallo y en el follaje. Esto causa grandes pérdidas en los cultivos cuyas producciones se han mermado hasta en un 70 % como ha sido en el cultivo de la malanga en el presente año.

Referencias bibliográficas.

- Aldana, S., Vereda, F., Hidalgo-Alvarez, R., & de Vicente, J. (2016). Facile synthesis of magnetic agarose microfibers by directed selfassembly. *Polymer*, *93*, 61-64.
- Bhat, S., Tripathi, A., & Kumar, A. (2010). Supermacroprous chitosan-agarose-gelatin cryogels. in vitro characterization and in vivo assesment for cartilage tissue engineering. *Journal of the Royal Society Interface*, 1-15.
- Bossis, G., Marins, J., Kuzhir, P., Volkova, O., & Zubarev, A. (2015). Functionalized microfibers for field-responsive materials and biological applications. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 1-9.
- Cortés, J., Puig, J., Morales, J., & Mendizábal, E. (2011). Hidrogeles nanoestructurados termosensibles sintetizados mediante polimerización en microemulsión inversa. *Revista Mexicana de Ingeniería Química.*, *10*(3), 513-520.
- Dias, A., Hussain, A., Marcos, A., & Roque, A. (2011). A biotechnological perspective on the application of iron oxide magnetic colloids modified with polysaccharides. *Biotechnology Advances* *29*, *29*, 142–155.
- Estrada Guerrero, R., Lemus Torres, D., Mendoza Anaya, D., & Rodriguez Lugo, V. (2010). Hidrogeles poliméricos potencialmente aplicables en Agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, *12*(2), 76-87.
- García-Cerda, L., Rodríguez-Fernández, O., Betancourt-Galindo, R., Saldívar-Guerrero, R., & Torres-Torres, M. (2003). Síntesis y propiedades de ferrofluidos de magnetita. *Superficies y Vacío.*, *16*(1), 28-31.
- Ilg, P. (2013). Stimuli-responsive hydrogels cross-linked by magnetic nanoparticles. *Soft Matter*, *9*, 3465-3468.
- Lewitus, D., Branch, J., Smith, K., Callegari, G., Kohn, J., & Neimark, A. (2011). Biohybrid carbon nanotube/agarose fibers for neural tissue engineering. *Advanced Functional Materials*, *21*, 2624-2632.
- Lin, Y.-S., Huang, K.-S., Yang, C.-H., Wang, C.-Y., Yang, Y.-S., Hsu, H.-C., . . . Tsai, C.-W. (2012). Microfluidic synthesis of microfibers for magnetic-responsive controlled drug release and cell culture. *PLoS ONE*, *7*(3), 1-8.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático*. Quito.

- Ruiz Estrada, G. (2004). *Desarrollo de un Sistema de liberación de fármacos basado en nanopartículas magnéticas recubiertas con Polietilenglicol para el tratamiento de diferentes enfermedades*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Departamento de Física Aplicada.
- Song , J., King, S., Yoon , S., Cho, D., & Jeong, Y. (2014). Enhanced spinnability of carbon nanotube fibers by surfactant addition. *Fibres and Polymers*, 15(4), 762-766.
- Tartaj, P., Morales, M., González-Carreño, T., Veintemillas-Verdaguer, S., & Serna, C. (2005). Advances in magnetic nanoparticles for biotechnology applications. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 290, 28-34.
- Wulff-Pérez , M., Martín-Rodríguez, A., Gálvez-Ruiz, M., & de Vicente, J. (2013). The effect of polymer surfactant on the rheological properties of nanoemulsions. *Colloid and Polymer Science*, 291, 709–716.
- Zamora Mora, V., Soares, P., Echeverria, C., Hernández , R., & Mijangos, C. (2015). Composite chitosan/Agarose ferrogels for potential applications in magnetic hyperthermia. *Gels*, 1, 69-80.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Poma Copa, M., Jiménez Gutiérrez, M., Usca Tiuquina, M., & Játiva Reyes, M. (2019). Determinación de la variabilidad climática mediante la aplicación de índices de cambio climático, provincia de Orellana. *Ciencia Digital*, 3(3.2.1), 239-257.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.816>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

