



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Variabilidad climática local en los últimos 45 años (1973-2018) en Iquitos-Perú

Armando Vásquez Matute¹

¹Ph.D. en médio ambiente y desarrollo sostenible en la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Catedrático en la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Av. Grau 1072, Iquitos, Código ZIP 16007, avmatute@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-6726-8103>); Autor de correspondencia: avmatute@gmail.com

Artigo recebido em 16/01/2024 e aceito em 03/06/2024

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el determinar la existencia de variabilidad climática en la temperatura local como son temperatura máxima, mínima y media, así como Humedad relativa y precipitación pluvial, así como determinar la tendencia de la variabilidad a través de los años y determinar los años anómalos de variabilidad con los resultados obtenidos se puede afirmar que existe variabilidad climática altamente significativa en los parámetros arriba indicados de igual forma se determinó que los años anómalos de variabilidad climática en cuanto a temperatura máxima son 1975, 1983, 1995, 2010, 2011, 2017, respecto a temperatura mínima los datos anómalos de variabilidad climática son 1973, 1975, 1976, 1981, 1995, 1997, 2011, en cuanto a temperatura media los años anómalos de variabilidad climática son 1980, 1990, 2000, 2004, 2015, 2017, 2018 para humedad relativa los años anómalos de variabilidad climática son 1974, 1975, 1980, 1987, 2004, 2015, 2016, 2018, finalmente para precipitación pluvial los años anómalos de variabilidad climática son 1973, 1984, 1985, 1986. Estas variaciones bruscas de temperatura impactan directamente en los habitantes, traducidos en inundaciones y alteraciones en las actividades agrícolas.

Palabras clave: Cambio climático, Amazonia, Variabilidad climática, Sostenibilidad

Local climate variability in the last 45 years (1973-2018) in Iquitos-Peru

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the existence of climatic variability in local temperature, such as maximum, minimum and average temperature, as well as relative humidity and rainfall, as well as to determine the trend of variability through the years and To determine the anomalous years of variability with the results obtained, it can be affirmed that there is highly significant climatic variability in the parameters indicated above, in the same way it was determined that the anomalous years of climatic variability in terms of maximum temperature are 1975, 1983, 1995, 2010, 2011, 2017, regarding minimum temperature, the anomalous data of climatic variability are 1973, 1975, 1976, 1981, 1995, 1997, 2011, in terms of average temperature, the anomalous years of climatic variability are 1980, 1990, 2000, 2004, 2015, 2017, 2018 for relative humidity the anomalous years of climatic variability are 1974, 1975, 1980, 1987, 2004, 2015, 2016, 2018, finally for precipitation rain ion the anomalous years of climatic variability are 1973, 1984, 1985, 1986. These sudden variations in temperature directly impact the inhabitants, resulting in floods and alterations in agricultural activities.

Keywords: Climate change, Amazon, Climate variability, Sustainability

Introducción

La Amazonia, uno de los lugares más majestuosos del planeta, concentra la mayor biodiversidad y, al mismo tiempo, es uno de los más vulnerables a los efectos del cambio climático. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), la pérdida de bosque amazónico ha alcanzado niveles moderados desde que el calentamiento global superó 1°C, debido al uso de tierras y a la Temperatura del Aire Global en la Superficie (TAGS) (O'Neill et al.,

2022). Investigaciones realizadas por Boulton et al. (2022) indican que la deforestación, como consecuencia del aumento de las estaciones secas en la Amazonia, ha llevado a un umbral crítico de retroceso del área boscosa. Esto se debe a que en regiones con Precipitaciones Medias Anuales (PMA), la resiliencia forestal disminuye rápidamente, afectando a zonas con vegetación sometida a elevado estrés de aridez. Además, según el estudio de Brêda et al. (2020), se espera que, para

finis del siglo XXI, las PMA en la Amazonia disminuyan aproximadamente entre un 8% y un 14% con respecto a los niveles actuales. En contraste, en las regiones de los Andes del norte, se prevé un incremento, lo que describe una variabilidad abrupta en el sistema hídrico.

Mientras la comunidad internacional ha propuesto la Inyección de Aerosoles Estratosféricos (SAI) como una estrategia para mitigar el cambio climático. Sin embargo, los efectos a posteriori de esta técnica podrían tener consecuencias significativas en los patrones de precipitación y, por ende, en el suministro de agua en diferentes regiones del mundo, incluida la amazonia. En este sentido, Zarnetske et al. (2021) señalan que la SAI podría alterar las precipitaciones fluviales y la distribución estacional de estas. En particular, Simpson et al. (2019) ha observado un patrón recurrente: “los húmedos se vuelven secos y los secos se vuelven húmedos”, afectando la hidrología regional (p.12613). Esto significa que las áreas que ya son húmedas podrían experimentar una disminución en las precipitaciones, mientras que las zonas previamente secas podrían volverse más húmedas. En el caso específico de la Amazonia, este fenómeno podría tener consecuencias dramáticas. Dado que la Amazonia es conocida por su alta biodiversidad y su papel crucial en la regulación del clima global. No obstante, si la SAI se implementara a gran escala, la región podría volverse más seca debido a la alteración en los patrones de lluvia. Esto afectaría no solo a la flora y fauna, sino también a las comunidades humanas que dependen del agua de los ríos amazónicos.

Específicamente en el contexto de la amazonia peruana Zevallos y Lavado-Casimiro (2022) han pronosticado disminuciones en la humedad en la zona norte del departamento de Loreto, Perú. Esto se debe al aumento de la temperatura y la consiguiente evapotranspiración del recurso hídrico. Como resultado, la biomasa se ve obligada a migrar de áreas pantanosas a bosques montañosos perennifolios. Los efectos inmediatos de esta variabilidad hidrológica afectan la salud y los medios de vida de los habitantes locales (Torres-Slimming et al., 2020). Además, un estudio realizado por Chacón-Montalván et al. (2021) revelaron que la alta variabilidad de las precipitaciones en las zonas amazónicas tiene consecuencias en el peso de nacimiento de bebés en madres de comunidades nativas, mayoritariamente adolescentes y de bajos recursos. Los autores aducen que las inundaciones y sequías superan la capacidad adaptativa de las

comunidades ribereñas, afectando la obtención de recursos alimenticios.

Al centrar nuestra atención a la ciudad de Iquitos, capital del departamento de Loreto. Durante los meses de octubre a mayo, las precipitaciones promedio alcanzan aproximadamente 264 mm, con una probabilidad de lluvia del 60%. Sin embargo, de junio a setiembre, las precipitaciones disminuyen significativamente a alrededor de 118 mm, con una probabilidad de lluvia del 34% (Weather Spark, 2024). Sin embargo, Figueroa et al. (2020) señala que en el periodo de 1985-2018 se registraron 36 repiques superiores a 1m y 9 repiques superiores a 2m en la ribera del río amazonas, en la zona de Tamshiyacu (cercano a Iquitos). Estos repiques mayoritariamente tienen su origen por la presencia de anomalías en la incursión de vientos del sur e intensificación de vientos del este, generando precipitaciones en la cuenca norte del río Marañón.

Humanes-Fuente et al. (2020) en su estudio retrospectivo en el territorio de la cuenca del río Amazonas, hallaron que durante las décadas de 1930-1950 la humedad como producto de las precipitaciones se incrementó por encima de la media y a partir de las décadas de 1980-2009 las precipitaciones disminuyeron, siendo la década la que registró menores índices de humedad. Sin embargo, durante este periodo de sequía, se registró eventos de muy alta precipitaciones, específicamente en los años 1981, 1995 y 2010. En ese sentido, Barichivich et al. (2018, como se citó en Humanes-Fuente et al., 2020) señalan que la frecuencia de inundaciones severas durante el siglo XX era de 20 años, pero a partir del 2000-2015 ese tiempo de frecuencia se redujo a 4 años.

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es uno de los factores contribuyentes a la variabilidad de las precipitaciones en la región amazónica, correlacionada negativamente a la Temperatura Superficial del Mar (TSM), dando paso a una intensificación de lluvias en las zonas costeras de Ecuador, norte de Perú y zonas nororientales de la amazonia peruana (Humanes-Fuente et al., 2020). Sin embargo, de acuerdo a los mismos autores, el ENOS no es el único factor de influencia, la Oscilación Multidecadal del Atlántico (OMA), especialmente las fluctuaciones de TSM en el mar del Atlántico determinan variabilidad de precipitaciones en la amazonia peruana. Del mismo modo, Towner et al. (2021) señalan que las variabilidades de las precipitaciones se dan especialmente para la fase negativa del ENOS;

aunque con respecto al índice Tropical del Atlántico Norte (TAN), para temperaturas elevadas en la parte norte del Atlántico, se registran sequías en el cauce del Amazonas.

En consecuencia, la variabilidad climática, tiene una alta correlación con la deforestación local, presencia de enfermedades endémicas, producción de cultivos, de ahí que el presente trabajo de investigación pretende determinar que hubo una variabilidad climática entre los años 1978-2018 en la ciudad de Iquitos a través del análisis de datos del clima local como temperatura (máxima, mínima y media), humedad relativa y precipitación pluvial dicha base de datos corresponde al análisis de 45 años desde al año 1973 hasta 2018. Así mismo, para confirmar esta hipótesis será necesario identificar todos los factores contribuyentes a esta variación, tanto a nivel regional, continental e interoceánico.

Materiales y métodos

El presente estudio corresponde a una investigación aplicada tipo comparativo, además de ser una investigación experimental con diseño irrestrictamente al azar (comparación de la variabilidad climática por años de temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial, además la investigación es del tipo descriptivo longitudinal, pues se analizó una base de datos de 45 años del clima local. El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Iquitos, Provincia de Maynas Departamento de Loreto, para los datos del clima local se contó una base de datos de 45 años de Temperatura, (Máxima, Mínima y media) Precipitación pluvial y Humedad relativa desde al año 1973 hasta el 2018, datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Para el análisis de variabilidad climática se procedió a sacar por ejemplo de temperatura máxima el promedio mensual, luego se calculó su desviación estándar y posteriormente su coeficiente de variabilidad, en consecuencia, hay un coeficiente de variabilidad mensual otra anual y luego estos coeficientes fueron transformados a la función arco $\sqrt{\sin x}$, para luego ser sometido al análisis estadístico a través del software es SPSS-25, este procedimiento se empleó para la variabilidad climática de la temperatura máxima, mínima y media, así como para la humedad relativa.

En cuanto a precipitación pluvial se empleó otro método se calculó la sumatoria mensual por años. Luego se transformó a la función $\sqrt{x+1}$, (por tener meses que tenían cero mm. de

pp, con los datos transformados se introdujo en software SPSS procedió a realizar los cálculos respectivos

Además de los cálculos de variabilidad también se realizó la prueba ANOVA (DIA) tomando como factor de evaluación la variabilidad climática y como comparador los años transcurridos, finalmente se realizó el diagrama de cajas, para determinar los años anómalos de variabilidad climática.

Resultados

I. Variabilidad climática Temperatura máxima, periodo 1973-2018

Durante el período de estudio, la figura 1 muestra una variabilidad muy errática en los valores de temperatura máxima. Entre los años 1973 y 1994, el pico máximo de temperatura alcanzó hasta un 14.8% por encima de la media.

Entre 1995 y 2009, este incremento llegó a ser de hasta un 13.3%, y para los años 2010-2017, los picos de temperatura superaron el 15%. Además, según el análisis estadístico de la variación de la temperatura máxima a lo largo de estos años, se observa un elevado grado de significancia en la variabilidad (ver Tabla 1).

En relación al registro de los mayores incrementos de temperatura, se observa que los años 1975, 1983, 1995, 2000, 2011 y 2017 destacan por haber registrado índices de temperatura significativamente superiores a la media (ver Figura 2). Estos picos térmicos, que se encuentran muy por encima de los valores promedio, merecen especial atención en el análisis de la variabilidad climática.

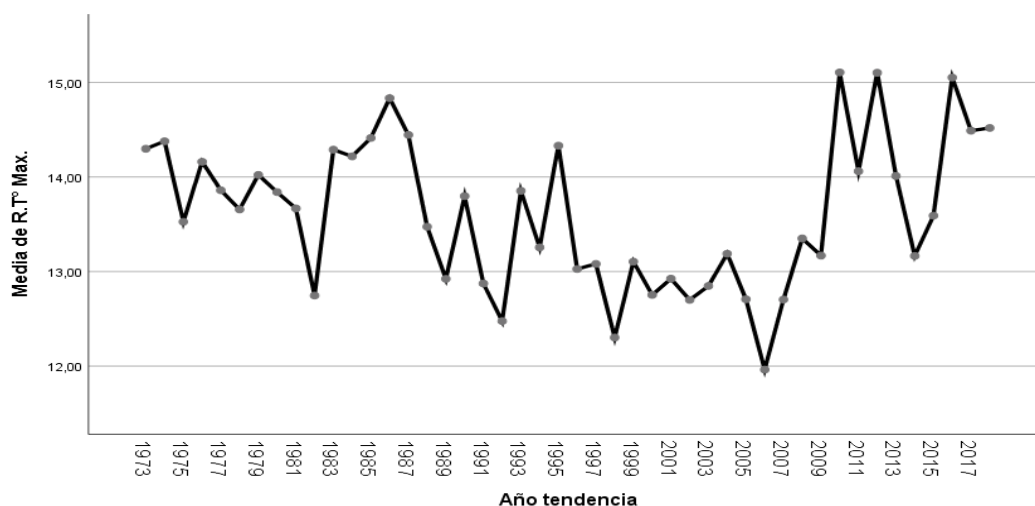


Figura 1. Tendencia Variabilidad climática temperatura máxima periodo 1997-2018.

Tabla 1. Variabilidad climática Temperatura máxima, periodo 1973-2018.

ANOVA

R.T° Max.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Años	334,052	45	7,423	2,763	,000**
Error	1359,482	506	2,687		
Total	1693,534	551			

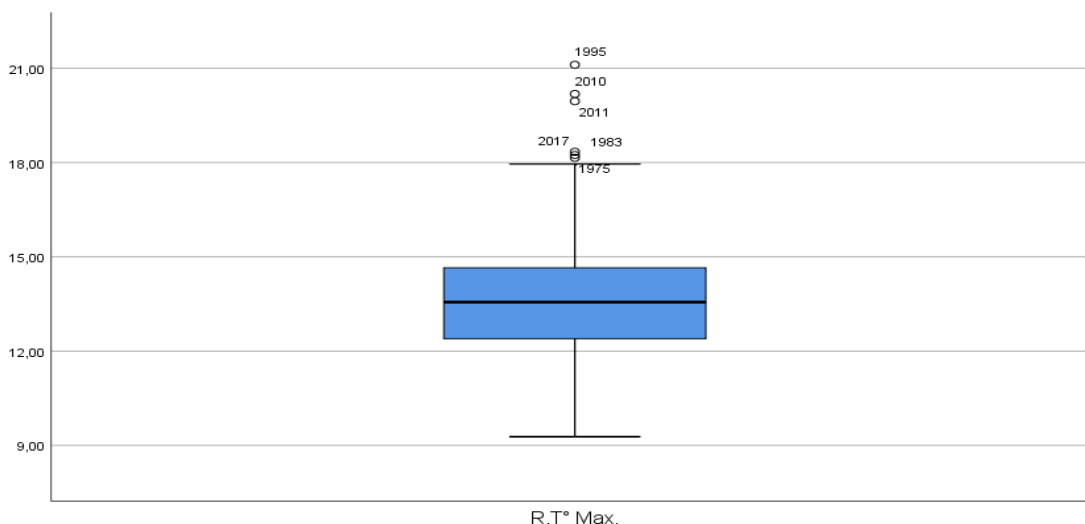


Figura 2. Variabilidad de la temperatura máxima 1973-2018.

II. Variabilidad climática temperatura mínima, periodo 1973-2018

La figura 3 reporta la tendencia de la variabilidad climática del clima local de la temperatura mínima, periodo 1973-2018, donde se observa también una curva sigmoide, a diferencia

del anterior tiene una tendencia más hacia abajo que hacia arriba.

La figura 4 reporta los años anómalos de la variabilidad climática temperatura mínima, estos años son: 1973, 1975, 1976, 1981, 1995, 1997, 2011.

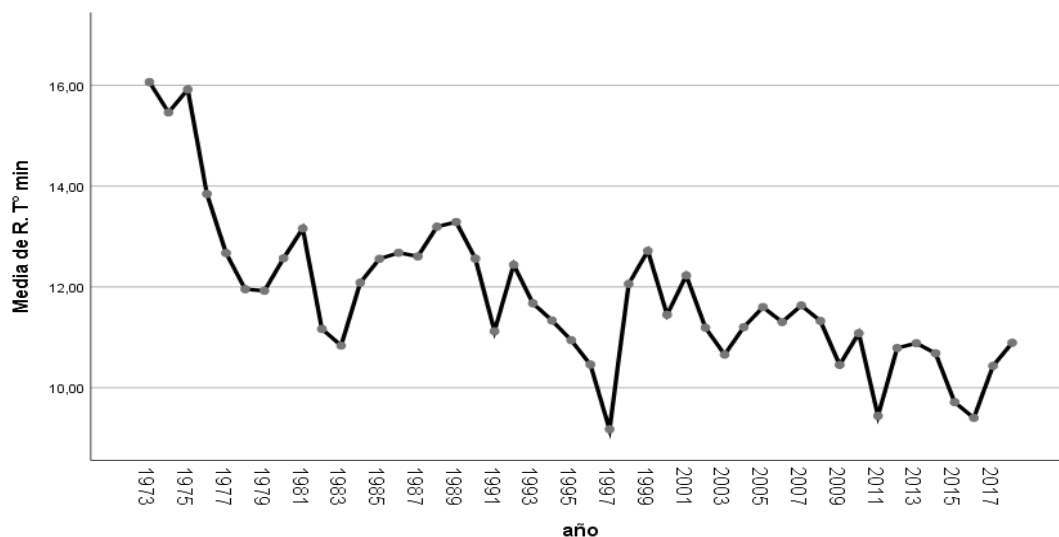


Figura 3. Variabilidad climática Temperatura mínima, periodo 1973-2018

Tabla 2. ANOVA variabilidad climática periodo 19973-2018

ANOVA

R. T° min

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Años	1226,860	45	27,264	3,257	,000**
Error	4236,209	506	8,372		
Total	5463,069	551			

** diferencia altamente significativa

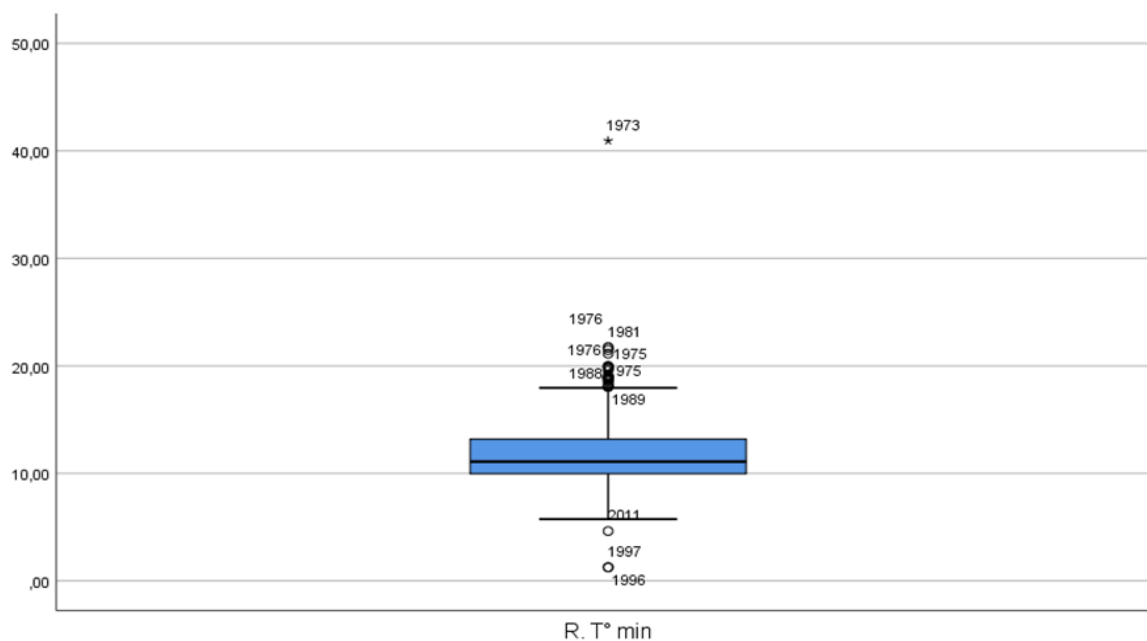


Figura 4. Diagrama de cajas, variabilidad climática temperatura mínima periodo 1973-2018

III. Variabilidad climática Temperatura máxima, periodo 1973-2018

La figura 5 reporta la tendencia de la variabilidad climática de la temperatura media, periodo 19973-2018, siendo visible el cambio de la temperatura media a partir del 2017, por el incremento de la variabilidad en que se observa.

La figura 6 reporta el diagrama de cajas de la variabilidad climática de la temperatura media, se nota varios años anómalos de variabilidad climática, de la temperatura media estos años son: 1980,1990,2000,2004,2015,2017,2018, lo que nos indica que la temperatura media ha ido variando en los últimos años.

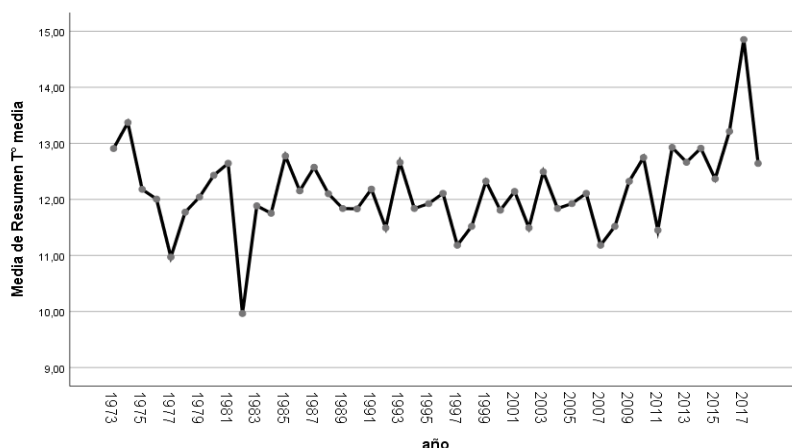


Figura 5. Tendencia variabilidad climática temperatura media, periodo 1973-2018.

Tabla 3. ANOVA Variabilidad de la temperatura media periodo 1973-2018.

ANOVA

Resumen T° media

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Años	301,715	45	6,705	2,112	,000**
Error	1606,542	506	3,175		
Total	1908,257	551			

** diferencia altamente significativa

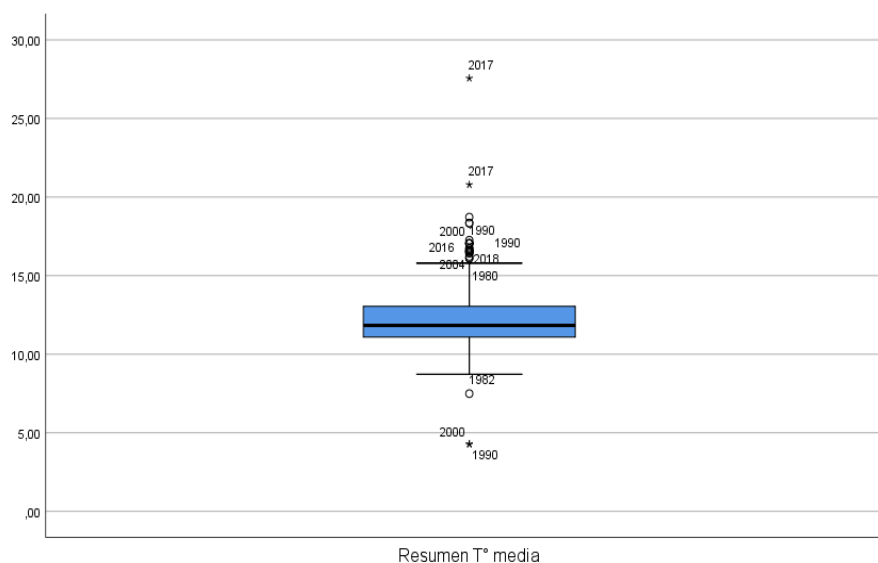


Figura 6. Diagrama de cajas variabilidad climática temperatura media, periodo 1973-2018.

IV. Variabilidad climática humedad relativa, periodo 1973-2018.

La figura 7 reporta la tendencia de la variabilidad climática de la humedad relativa, al igual que las anteriores presenta una curva

sigmoide, más bien tendiendo a la baja en los últimos años.

La figura 8 reporta los años anómalos de la variabilidad climática de la humedad relativa, esos años son: 1974, 1975, 1980, 1987, 2004, 2015, 2016, 2018.

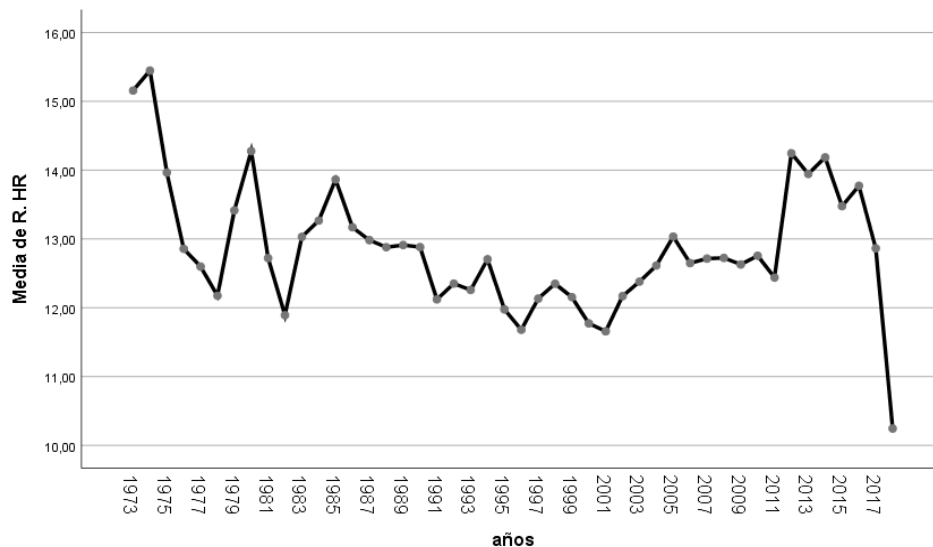


Figura 7. Tendencia de variabilidad climática Humedad relativa, periodo 1973-2018.

Tabla 4. ANOVA Variabilidad climática humedad relativa, periodo 1973 -2018.

ANOVA

R. HR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Años	475,527	45	10,567	4,502	,000**
Error	1187,690	506	2,347		
Total	1663,217	551			

** diferencia altamente significativa

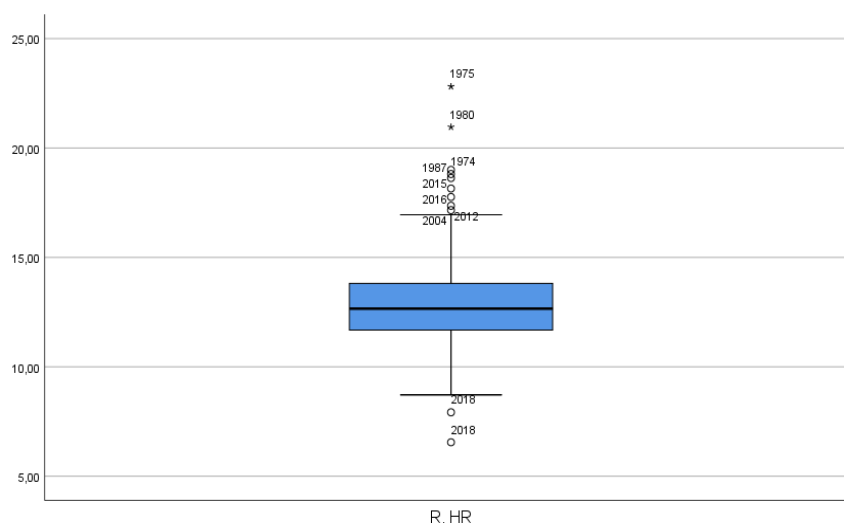


Figura 8. Diagrama de cajas variabilidad climática Humedad relativa, periodo 19973-2018.

V. Variabilidad climática precipitación pluvial, periodo 1973-2018

La figura 9 reporta la tendencia de la variabilidad climática, de la precipitación pluvial, periodo 1973-2018, donde se observa que el año 1985 hubo poca variabilidad, mientras que el año 2006 hubo una alta variabilidad y según la

tendencia estos tiende a ir en aumento en los últimos años.

La figura 10 reporta la existencia de varios años anómalos de variabilidad climática de Humedad relativa, estos años son. 1973, 1984, 1985, 1986.

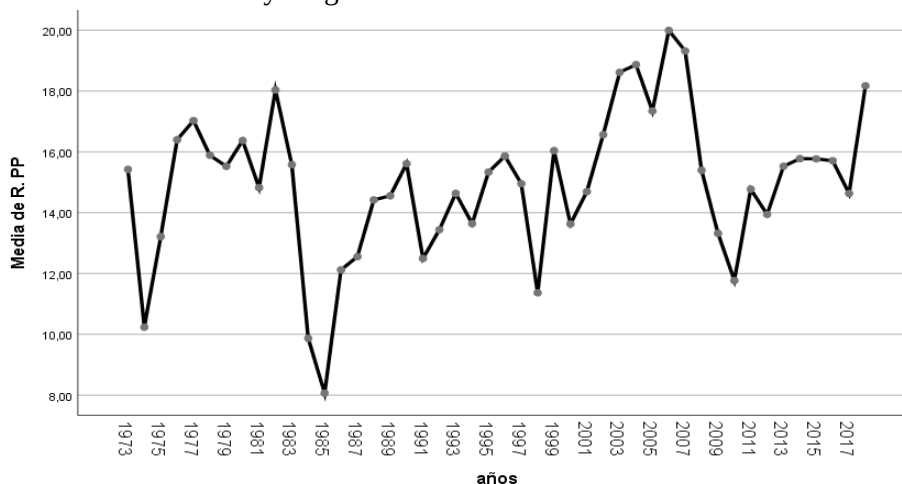


Figura 9. Variabilidad climática precipitación pluvial, periodo 1973-2018.

Tabla 5. ANOVA Variabilidad climática Precipitación pluvial.

ANOVA

R. PP

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Años	3219,853	45	71,552	2,663	,000**
Error	13593,814	506	26,865		
Total	16813,667	551			

** diferencia altamente significativa

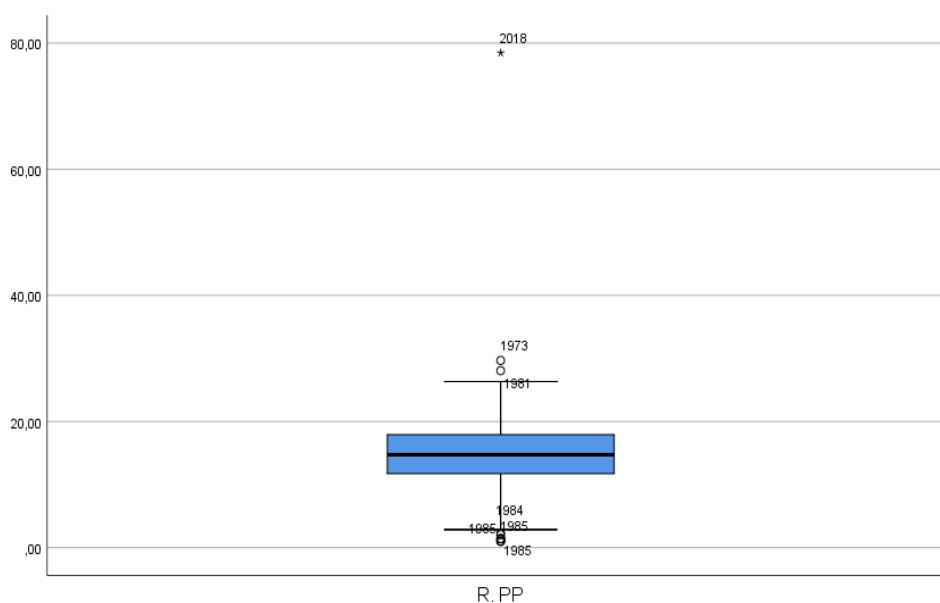


Figura 10. Diagrama de cajas variabilidad climática precipitación pluvial, periodo 1973-2018.

Discusión

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue determinar la existencia de variabilidad climática local en Iquitos durante el período 1973-2018. Este clima local incluye variables como la temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, humedad relativa y precipitación pluvial. En cuanto a la variabilidad climática de la temperatura máxima, podemos afirmar que, según la tabla 1 y el análisis de varianza (ANOVA), existe una variabilidad climática altamente significativa en este parámetro. Los años con mayor variabilidad fueron 1975, 1983, 1995, 2010, 2011 y 2017 (ver figura 2), que podríamos considerar como “anómalos”. Estos resultados son preocupantes, ya que, según Zevallos & Lavado-Casimiro (2022), el aumento de las temperaturas no solo reduce la humedad ambiental debido a la evapotranspiración, sino que también impacta la biomasa del entorno. Esto lleva a la reducción de áreas pantanosas y la migración de la fauna silvestre, generando una mayor competencia por la supervivencia o incluso la desaparición de especies debido a su incapacidad de adaptación. Un indicador del impacto en los recursos hídricos debido al cambio climático, a través de la disminución de las precipitaciones, la evapotranspiración y el aumento de la temperatura, es el Índice de Aridez (IA) (Brêda et al., 2020).

Respecto a temperatura mínima, la figura 2, reporta la tendencia de este parámetro y la tabla 2 reporta el ANOVA donde se nota también diferencia altamente significativa, en consecuencia, podemos afirmar también que la variabilidad climática a de la temperatura mínima es también evidente y los años donde más se reporta esta variabilidad son 1973, 1975, 1976, 1981, 1995, 1997, 2011 (ver figura 3). Por su parte, Torres-Slimming et al. (2020) menciona que, entre la percepción de los habitantes de estas zonas, donde las variaciones en la temperatura del ambiente y temperatura del agua de los ríos influye directamente en sus estilos de vida, afectando principalmente a sus fuentes de obtención de alimentos, como la caza y agricultura. Respecto a las variaciones en el año de 1975, se registró las temperaturas más altas en estación de verano, como también la más baja en la estación de invierno.

Referente a Humedad relativa (HR), la figura 6 reporta la tendencia de este parámetro, donde se observa que existe una “caída” en los últimos años, la tabla 4 reporta el ANOVA de esta variable donde se observa diferencias altamente significativas a través de los años respecto a variabilidad climática de humedad relativa, esto

significa que a través de los años la humedad relativa ha sufrido cambio de humedad relativa, estos años son: 1974, 1975, 1980, 1987, 2004, 2015, 2016, 2018. (ver figura 7. De acuerdo a Figueroa et al. (2020) las variaciones de humedad en la cuenca del Marañón y parte del Amazonas se debe principalmente a la presencia de los vientos desde el sur y este del continente. Según los autores, en presencia de estos vientos, la humedad en la Amazonía peruana se incrementa, dando paso lluvias torrenciales y subidas en el caudal del río Amazonas. No obstante, debido a la presente preocupación de por el control, mitigación o quizá hasta reversión de los impactos de cambio climático, Zarnetske (2020) concluye que algunas estrategias de intervención como son las SAI pueden acarrear efectos colaterales, especialmente para los sistemas ecológicos como la zona amazónica. Entre los impactos más significativos se encuentran las perturbaciones estacionales en los ciclos diurnos de temperatura, humedad y precipitaciones extremas. Bajo estas premisas, es evidente que la necesidad de enfocar más esfuerzo a determinar métodos y estrategias que ayuden en la mitigación del cambio climático, y a la vez que no desencadenen efectos colaterales que de igual manera afectan al planeta y sus ecosistemas.

Finalmente, respecto a precipitación pluvial también hubo gran variabilidad, este parámetro a diferencia de los anteriores la variabilidad climática se midió a través del sumatorio total de precipitación por año y no el promedio de precipitación, la figura 8 reporta la tendencia de la variabilidad climática de la precipitación a raves del tiempo, donde hay oscilaciones verdaderamente abismales, de ahí la alta significancia en el ANOVA (tabla 5) los años más significativos respecto a variabilidad climática de precipitación pluvial son: 1973, 1984, 1985, 1986 (ver figura 9). Por su parte, Humanes-Fuente et al. (2020) encontraron en su estudio que desde 1975 al presente, hay un periodo de sequias cada vez más críticas a intervalos de 7 años, siendo el periodo comprendido entre 2000-2009 el decenio más seco en los últimos 194 años. Sin embargo, también se han reportado años de elevados niveles de precipitaciones fluviales anómalos, especialmente en los años 1981, 1995 y 2010. Esta variación entre los resultados de Humanes-Fuente et al (2020) y el presente estudio se debe a que, si bien ambos tienen como objeto de estudio las amazonia, en nuestro estudio se centra exclusivamente la ciudad de Iquitos. Esto implica las diferencias espaciales de cada estudio, ya que el primero se centra en la amazonia Nor-central,

mientras que el nuestro escudriña únicamente la ciudad de Iquitos, en la parte norte de la amazonia.

Estos resultados indican la existencia de variabilidad climática en la región Loreto especialmente en Iquitos, existe variabilidad climática tanto en temperatura máxima, mínima y media, así como Humedad relativa y precipitación pluvial, en otras palabras, existe cambio climático en la Amazonia las causas o razones por las cuales porque se ha incrementado el cambio climático en Iquitos son muchas, puede ser la alta contaminación ambiental (atmosfera, agua y suelo), la alta tasa de deforestación a través de los años entre otras. Este cambio climático origina entre otras cosas, la no periodicidad de las cosechas en los cultivos, disminución de las precipitaciones e incremento de la evapotranspiración y temperatura (Ceccarelli, et al., 2021). y esto coincide con lo reportado por Ceccarelli et al. (2021) quienes enfocan su estudio en el cultivo de cacao en diferentes zonas del Perú, y concluyen que, bajo estas circunstancias, el cultivo de cacao y algunas otras especies como el café, plátano, etc. suelen tener la capacidad de desarrollar resiliencia a estos factores adversos. Además de que algunos de ellos no suponen demasiado riesgo a contribuir con el cambio climático, siempre y cuando se ejecuten de manera correcta (Mendoza et al., 2021). Este bajo impacto del cacao al medio ambiente, explica Chavez Espinoza et al. (2022) se debe principalmente a la baja tecnología requerida respecto su productividad y la implementación de sistemas agroforestales.

Por otro lado, es importante mencionar que la excesiva frecuencia de precipitaciones pluviales, sumada a los vientos, tipo de elevación y propiedades del suelo contribuyen al derribo de los árboles en la selva (Negron-Juarez et al., 2023). Mientras que Ceccarelli et al. (2021) identifican a las zonas inmediatas a Iquitos como áreas de alto riesgo por inundaciones, lo que afecta directamente a sus habitantes y actividades agrícolas.

En consecuencia, conviene ir preparando estrategias y medidas de contingencia para contrarrestar el cambio climático, la reforestación es una buena alternativa, pero no es suficiente, más que reforestar es evitar seguir talando los árboles, evitar ya las invasiones que están frenando el desarrollo sostenible, es probable que ante este cambio climático aparezcan nuevas especies de insectos adaptados a condiciones extremas de temperatura y que exista un incremento de las enfermedades endémicas como la malaria y el dengue etc.

Conclusiones

Según los hallazgos de esta investigación, se observó una variabilidad inusual en términos de temperatura, precipitaciones pluviales y humedad durante el período comprendido entre los años 1973 y 2018. Esta variabilidad climática está estrechamente relacionada con el cambio climático, que no siempre se manifiesta en sequías persistentes, sino también en patrones anómalos de precipitación y temperaturas extremas.

Los efectos de estas bruscas variaciones climáticas repercuten directamente en la vida de los habitantes de la región. Por ejemplo, las lluvias intensas pueden dar lugar a inundaciones, mientras que las alteraciones en las temporadas de sequía o precipitaciones afectan el calendario de actividades agrícolas, generando incertidumbre para los agricultores.

Es importante destacar que los resultados obtenidos en este estudio, especialmente en lo que respecta a las precipitaciones pluviales, no siempre coinciden con los hallazgos de otras investigaciones. Esto se debe a que las manifestaciones meteorológicas varían según la zona geográfica específica. Las variables clave que influyen en estas condiciones climáticas incluyen la dirección de los vientos, los fenómenos del ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) y el OMA (Oscilación Multidecadal del Atlántico).

En este contexto las nuevas investigaciones deberían enfocarse, además de desarrollar estrategias de control y mitigación del cambio climático y sus efectos en la amazonia, desarrollar métodos de actividades agrícolas sostenibles y semillas resistentes a estos venideros cambios. Ya que el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), respecto al incremento de la temperatura terrestre a niveles inferiores a 2°C, o siendo optimistas a 1.5°C, esta muy lejos de cumplirse para el 2030 (ONU, 2023).

References

- Boulton, C.A., Lenton, T.M., & Boers, N. (2022). Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nature Climate Change*, 12, 271–278. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>
- Brêda, J.P.L.F., De Paiva, R.C.D., Collischon, W., Bravo, J.M., Siqueira, V.A., & Steinke, E.B. (2020). Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. *Climatic Change*, 159, 503–522. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02667-9>

- Ceccarelli, V., Fremout, T., Zavaleta, D., Lastra, S., Correa, S.I., Arévalo-Gardini, E., Rodriguez, C.A., Hilacondo, W.C., & Thomas, E. (2021). Climate change impact on cultivated and wild cacao in Peru and the search of climate change-tolerant genotypes. *Diversity and Distributions*, 27(8), 1462-1474. <https://doi.org/10.1111/ddi.13294>
- Chacón-Montalván, E.A., Taylor, B.M., Cunha, M.G., Davies, G., Orellana, J.D.Y., & Parry, L. (2021). Rainfall variability and adverse birth outcomes in Amazonia. *Nature Sustainability*, 4, 582-594. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00684-9>
- Chavez Espinoza, W., Morante Dávila, M.A., Cueva Vega, E., Cruz Caro, O., & Chavez Espinoza, O. (2022). Factores que influyen en el ingreso de las familias agricultoras en Amazonas Perú. *Comuni@cción*, 13(4), 291-300. <https://dx.doi.org/10.33595/2226-1478.13.4.773>
- Figueroa, M., Armijos, E., Espinoza, J.C., Ronchail, J., & Fraizy, P. (2020). On the relationship between reversal of the river stage (repiquetes), rainfall and low-level wind regimes over the western Amazon basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100752>
- Humanes-Fuente, V., Ferrero, M.E., Muñoz, A.A., González-Reyes, Á., Requena-Rojas, E.J., Barichivich, J., Inga, J.G., & Layme-Huaman, E.T. (2020). Two centuries of hydroclimatic variability reconstructed from tree-ring records over the Amazonian Andes of Peru. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(8), e2020JD032565. <https://doi.org/10.1029/2020JD032565>
- Mendoza, E., Cervantes, X., & Vásconez, G. (2021). Sistemas de producción del cacao vs recursos ambientales. Un reto estratégico actual. *Socialium*, 5(2), 335-348. <https://doi.org/10.26490/uncp.sl.2021.5.2.1009>
- Negron-Juarez, R., Magnabosco-Marra, D., Feng, Y., Urquiza-Munoz, J.D., Riley, W.J., Chambers, J.Q. (2023). Windthrow characteristics and their regional association with rainfall, soil, and surface elevation in the Amazon. *Environmental Research Letters*, 18(1). DOI: 10.1088/1748-9326/acaf10
- O'Neill, B., van Aalst, M., Zaiton Ibrahim, Z., Berrang Ford, L., Bhadwal, S., Buhaug, H., Diaz, D., Frieler, K., Garschagen, M., Magnan, A., Midgley, G., Mirzabaev, A., Thomas, A., & Warren, R. (2022). Chapter 16: Key Risks Across Sectors and Regions. In H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 2411–2538). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, doi:10.1017/9781009325844.025.
- ONU (2023). Informe de Objetivos de Desarrollo Sostenible: Edición especial. United Nations. <https://lc.cx/MuvoKs>
- Simpson, I.R., Tilmes, S., Richter, J.H., Kravitz, B., MacMartin, D.G., Mills, M.J., Fasullo, J.T., & Pendergrass, A.G. (2019). The regional hydroclimate response to stratospheric sulfate geoengineering and the role of stratospheric heating. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(23), 12,587–12,616. <https://doi.org/10.1029/2019JD031093>
- Torres-Slimming, P.A., Wright, C.J., Lancha, G., Carcamo, C.P., Garcia, P.J., Ford, J.D., IHACC Research Team, & Harper, S.L. (2020). Climatic changes, water systems, and adaptation challenges in Shawi communities in the Peruvian Amazon. *Sustainability*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/su12083422>
- Towner, J., Ficchi, A., Cloke, H.L., Bazo, J., De Perez, E.C., & Stephens, E.M. (2021). Influence of ENSO and tropical Atlantic climate variability on flood characteristics in the Amazon basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(7), 3875-3895. <https://doi.org/10.5194/hess-25-3875-2021>
- Weather Spark. (20 de junio del 2024). Clima y tiempo promedio durante todo el año en Perú. <https://lc.cx/GzjTYV>
- Zarnetske, P.L., Gurevitch, J., Franklin, J., Groffman, P.M., Harrison, C.S., Hellmann, J.J., Hoffman, F.M., Kotharil, S., Robock, A., Tilmes, S., Vioni, D., Wu, J., Xia, L., & Yang, C.E. (2021). Potential ecological impacts of climate intervention by reflecting sunlight to cool Earth. *PNAS*, 118(15). <https://doi.org/10.1073/pnas.1921854118>
- Zevallos, J., Lavado-Casimiro, W. (2022). Climate Change Impact on Peruvian Biomes. *Forests*, 13(2), 238. <https://doi.org/10.3390/f13020238>