



Balance hídrico climático de estaciones meteorológicas Puyo y Aeropuerto Río Amazonas

Ricardo Vinicio Abril-Saltos ^a, Jairo Miguel Maldonado-Eraza ^b, Brigitte Tatyana Pérez-Tuti ^b, Mayerling Kirina Toscano-Guatatoca ^b, Keyla Fernanda Palacios-Guerra ^b & Cesar Bladimir Pérez-Noguera ^b

^a Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador rvabril@uea.edu.ec

^b Profesional independiente, Pastaza, Ecuador. jaiross23@gmail.com, tatyperecita18@gmail.com, mayerling036@gmail.com, keylap1997@gmail.com, perezbladimir1996@outlook.es

Recibido: 28 junio 2024. Recibido en formato revisado: 8 noviembre 2024. Aceptado: 12 noviembre 2024.

Resumen

En la Amazonía las variables meteorológicas presentan oscilaciones en las últimas décadas. El presente trabajo tuvo como objetivo conocer el balance hídrico climático de las estaciones meteorológicas Aeropuerto río Amazonas en la parroquia Shell y la estación meteorológica Puyo en la parroquia Veracruz para el período 1981- 2021. Se trabajó con la base de datos 1981-2021 de la estación Río Amazonas y con la base de datos abierta 1981-2019 y registros físicos 2020-2021 de la estación Puyo. Se analizaron las variables temperaturas media, máxima, mínima, humedad relativa media, temperatura de punto de rocío, velocidad del viento y precipitación, comparando sus valores anuales y mensuales y se realizó el balance hídrico climático. Ambas reportaron excedentes de precipitación respecto a la evapotranspiración potencial, la estación Río Amazonas reportó mayores valores de temperatura media, precipitación, temperatura de punto de rocío y velocidad del viento y en Puyo fueron humedad y temperatura mínima. Se concluye que la estación Río Amazonas presenta mayor evapotranspiración potencial que la estación Puyo.

Palabras clave: Amazonía; humedad; precipitación; temperatura.

Climatic water balance of Puyo and Amazon River Airport weather stations

Abstract

In the amazon, meteorological variables have shown oscillations in recent decades. The objective of this work was to know the climatic water balance of the Amazonas River Airport meteorological stations in the Shell parish and the Puyo meteorological station in the Veracruz parish for the period 1981-2021. We worked with the 1981-2021 database of the Río Amazonas station and with the open database 1981-2019 and physical records 2020-2021 from the Puyo station. The variables average, maximum, minimum temperatures, average relative humidity, dew point temperature, wind speed and precipitation were analyzed, comparing their annual and monthly values and the climatic water balance was carried out. Both reported surpluses of precipitation with respect to potential evapotranspiration, the Río Amazonas station reported higher values of average temperature, precipitation, dew point temperature and wind speed and in Puyo they were humidity and minimum temperature. It is concluded that the Río Amazonas station has greater potential evapotranspiration than the Puyo station.

Key Words: Amazon; moisture; rain; temperature.

1 Introducción

El cambio climático es un proceso, acelerado por la actividad antrópica, que genera alteraciones en el flujo radiativo. En este contexto, la Amazonía genera preocupación mundial, ya que los cambios de uso del suelo influyen en el balance de radiación y a su vez estos ecosistemas son sensibles al cambio. [1].

Desde el punto de vista climático, Ecuador es un caso especial en Sudamérica, al encontrarse en una región tropical, es afectada por la dinámica de los vientos alisios con la cordillera de Los Andes, teniendo en sus regiones interiores climas tropicales con abundante lluvia y otras casi desérticas por la ausencia de precipitaciones. Por su posición geográfica, se encuentra bajo la influencia de las corrientes de Humboldt y el fenómeno del Niño oscilación sur, el cual en la cuenca

How to cite: Abril-Saltos, R.V., Maldonado-Eraza, J.M., Pérez-Tuti, B.T., Toscano-Guatatoca, M.K., Palacios-Guerra, K.F., and Pérez-Noguera, C.B., (2024). Balance hídrico climático de estaciones meteorológicas Puyo y Aeropuerto Río Amazonas. BOLETÍN DE CIENCIAS DE LA TIERRA. 56, pp. 54-60. DOI:<https://doi.org/10.15446/rbct.n56.115191>

amazónica genera una disminución de las precipitaciones. [2]

La evapotranspiración, incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración de referencia (ET_o), definida como el poder evaporante del complejo suelo- planta en condiciones edáficas estándar, evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar, Evapotranspiración de cultivo (ET_c) considerada como la evapotranspiración de cualquier cultivo exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua [3] y la evapotranspiración potencial (ETP) que es la máxima cantidad de agua capaz de ser perdida por un terreno cubierto por vegetación cuando la cantidad de agua aplicada al suelo es ilimitada [4].

El balance hídrico climático, emplea los ingresos y salidas de agua por precipitación y evapotranspiración respectivamente [5]. Thornthwaite 1 considera los datos de evapotranspiración potencial, precipitación y agua retenida en el suelo a capacidad de campo [6]

La representatividad de una observación meteorológica como define la Organización Meteorológica Mundial [7] es el grado de exactitud con el que describe el valor de una variable necesaria para una finalidad específica y que en el caso de aplicaciones de pequeña escala o local la dimensión del área que será tomada en cuenta puede ser de 10km o menos. Estudios realizados en Quito, Ecuador, muestran que entre estaciones ubicadas hasta 20 km de distancia se pueden presentar correlaciones de 0,95 en precipitaciones y temperatura media, 0,83 en humedad relativa y 0,9 para heliofania [8]

El presente trabajo tuvo como objetivo conocer el comportamiento de las variables que influyen en la evapotranspiración y balance hídrico climático de las estaciones meteorológicas Shell y Puyo para el período 1981- 2021

2 Materiales y métodos

La estación meteorológica Puyo se encuentra ubicada en la parroquia Veracruz del Cantón Pastaza, sus coordenadas latitud sur 1°30'20.61"S, longitud 77°57'30.03"O ubicada a una altura de 959 m.s.n.m. La estación meteorológica del Aeropuerto Río Amazonas con coordenadas latitud 1°30'12.78"S y longitud 78° 4'3.33"O está ubicada a una altura de 1057 m.s.n.m. y con una distancia lineal de 12 km entre ambas estaciones. Su ubicación y área de representatividad se observa en la Fig. 1.

Se utilizó información del periodo 1981 a 2021, de la estación meteorológica Puyo y la estación meteorológica Aeropuerto Río Amazonas. Para la estación meteorológica Puyo, se revisó la base de datos abierta del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del periodo 1981-2019 [9] , los anuarios meteorológicos publicados (INAMHI, 2022) [10] y los registros físicos del año 2020 al 2021. Para la estación meteorología Río Amazonas se utilizó la base de datos del periodo indicado [11]. De ambas se recopiló los registros de las variables: temperatura máxima, mínima y media; temperatura del punto de rocío, humedad relativa media, la precipitación mensual y velocidad del viento.

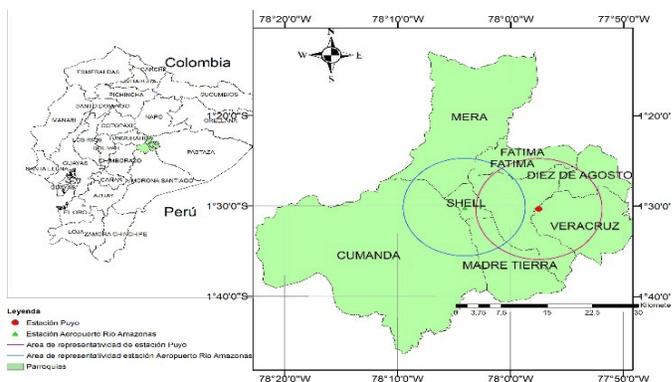


Figura 1. Ubicación y área de representatividad de las estaciones meteorológicas

Fuente: tomado de [9-11]

Se realizó un análisis con el coeficiente de correlación de Pearson que se simboliza con la letra R entre las estaciones y a través del programa TABLE CURVE 2D, se determinó la ecuación para el relleno de datos de pluviometría en la estación Puyo. Se procesó los datos mensuales, expresando los valores promedios anuales para las variables temperatura, humedad, temperatura de punto de rocío, velocidad del viento y para la precipitación se consideró el valor acumulado anual, los datos fueron expresados a través de una dispersión xy con una hoja de cálculo Excel, se determinó la ecuación que mejor presente el mejor ajuste de estos datos en función del coeficiente de determinación R², considerando los modelos lineal, exponencial, logarítmico, polinómico y potencial, se aplicó un análisis de varianza con prueba T student, con el programa SPSS para determinar si existieron diferencias estadísticamente significativas entre en ambas estaciones.

Se realizó un control de calidad de los datos meteorológicos, identificando picos que sobrepasen ± 3 desviaciones estándar de la media, los cuales fueron descartados de la serie.

Para el cálculo de la ETP se aplicó el método de Thronthwaite [6] en el cual se utilizó la ecuación 1

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514} \quad (1)$$

Donde:

i= Índice de calor mensual

t= temperatura media mensual en °C

Se obtuvo el índice de calor anual (I) sumando los valores mensuales y con la ecuación 2 se procedió al cálculo de la evapotranspiración potencial:

$$ETP = 16\left[Ka \frac{10t}{I}\right]^a \quad (2)$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial mensual en mm

I= sumatoria del índice de calor

a=Función compleja de I

a= 675 10⁻⁹ I³ - 771 10⁻⁷ I² + 1972 10⁻⁵ I + 0.49239

Ka= Constante que depende de la latitud y el mes del año, se consideró los valores para 0° de latitud, ya que ambas estaciones se encuentran a 1°30 min S

Para obtener el balance hídrico se utilizó el método de Thornthwaite, C. W., y Mather, J. R. (1955) [12], empleando la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación (P). El cálculo de la reserva se determinó con la diferencia entre los valores de la precipitación y la evapotranspiración potencial, considerando lo planteado por [13] donde reporta para la zona suelos con textura franco arenosos y franco arcillosos y [14], quienes indican una capacidad de almacenamiento del suelo de 150mm para suelos franco arenosos y 250 mm para suelos franco arcillosos, se estableció una capacidad máxima de reserva de 200 mm para la zona. , e identificando si presentan excedente hídrico (P> ETP) o déficit (P<ETP). Para el cálculo de la escorrentía o drenaje, se estimó para el primer mes el 50% del excedente hídrico y para el resto de meses, el 50% del excedente hídrico del mes más el 50% de la escorrentía del mes anterior.

Se estimó el índice de humedad (Ih) con la Ecuación (3), el índice de escasez con la ecuación 4 y el Índice global de Humedad con la Ecuación 5 [6]

$$Ih = \frac{S}{ETP} \times 100 \tag{3}$$

$$Ia = \frac{D}{ETP} \times 100 \tag{4}$$

$$Im = Ih - 0.6 Ia \tag{5}$$

Donde:

Ih: Índice de humedad

Ia: Índice de escasez

Im: Índice global de humedad

S: Excedentes (mm)

D: Déficit (mm)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

También se realizó el análisis de variables que influyen en la evapotranspiración como humedad relativa, temperatura del punto de rocío, temperaturas máximas y mínimas diarias, velocidad del viento, describiéndose, su comportamiento con los valores promedios anuales y mensuales.

Los datos faltantes de temperatura de punto de rocío, fueron estimados a través de la ecuación 6 [15] y los de humedad relativa a través de las ecuaciones 7, 8 y 9 [3]

$$Td = \sqrt[8]{\frac{HR}{100}} \cdot [112 + (0,9T)] + (0,1T) - 112 \tag{6}$$

Td: Temperatura de punto de rocío en °C

HR: Humedad relativa

T: Temperatura del aire

$$e_a = e^o(Tmin) = 0.611 \exp \left[\frac{17.27 T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right] \tag{7}$$

$$e^o(T) = 0.618 \exp \left[\frac{17.27 T}{T + 237.3} \right] \tag{8}$$

$$HR = \frac{e_a}{e^o(T)} \cdot 100 \tag{9}$$

T: Temperatura media del aire

T min: Temperatura mínima del aire

HR: humedad relativa

e°: Presion de saturacion de vapor

e_a: Presión real de vapor

3 Resultados

La temperatura, (Fig. 2.) muestra que la estación Shell es 0,6°C más caliente que la estación Puyo en el promedio multianual del a temperatura media, en ambas estaciones, se reporta una tendencia de incremento de la temperatura media de 0,5°C en los 41 años del período evaluado, donde los datos reportan que el modelo cubico, obtuvo un mayor valor de coeficiente de determinación R² con respecto a los modelos lineal y cuadrático.

Para las temperaturas absolutas máximas, la estación Puyo, no muestra tendencia de incremento, pero la estación Shell presenta una tendencia de incremento de 1.5°C en el período evaluado entre 1981 y 2021. las temperaturas máximas registradas son en la estación de Shell 35.2°C en 2020 y la estación Puyo tuvo en 30.3 °C en 1998, mientras que en la mínima absoluta la estación de Puyo en 1990 reporta un valor de 9.5 y la estación Shell en 2014 un valor de 10°C. Los valores medios mensuales (Fig. 3), muestran para ambas estaciones al mes de octubre como el que reporta mayor temperatura media y máxima, mientras que el mes más frío es julio, y en las temperaturas mínimas los valores más bajos se reportan en el período julio a septiembre.

La humedad relativa (Fig. 4) muestra una tendencia de disminución desde el año 1982 en las estaciones Shell y Puyo, donde se observa que ambas marcan una disminución de aproximadamente un 3% de humedad relativa en el período evaluado, donde se observa mayor humedad relativa en la estación Puyo con un rango entre los 91% la cual ha ido decreciendo proporcionalmente hasta 88%, mientras que en Shell el mismo se encuentra entre los 86 y 78%, mostrando una mayor variabilidad que la estación Puyo. La temperatura de

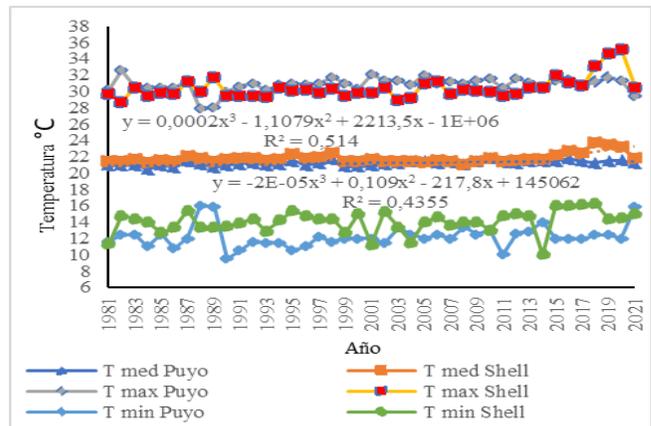


Figura 2. Comportamiento histórico de las temperaturas medias y extremas Fuente: [9-11].

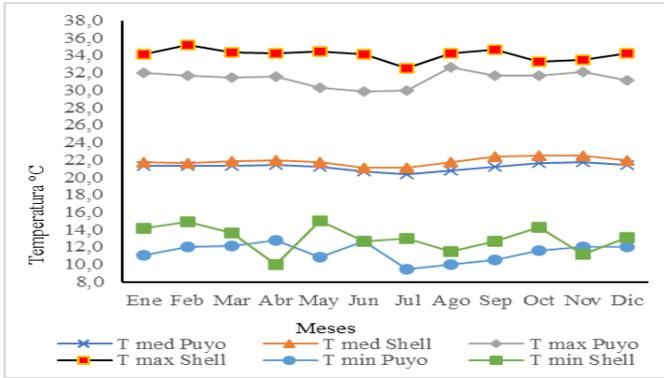


Figura 3. Valores promedio mensuales de temperatura periodo 1981-2021
Fuente: [9-11]

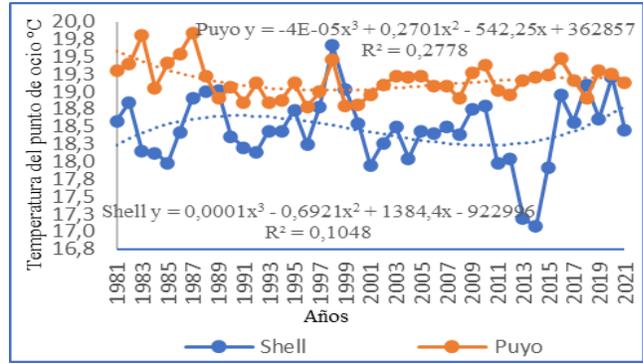


Figura 5. Comportamiento histórico de la temperatura de punto de rocío
Fuente: [9-11]

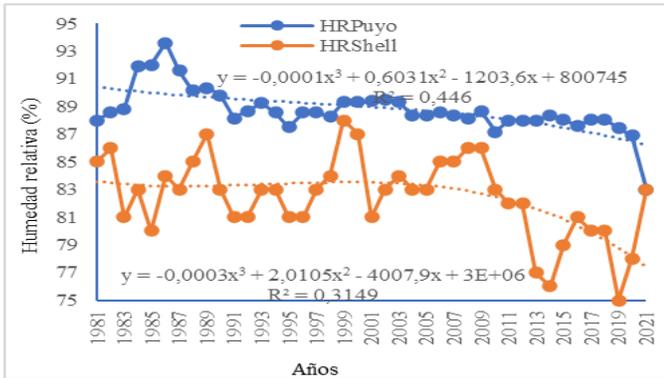


Figura 4. Comportamiento histórico de la humedad relativa
Fuente: [9-11]

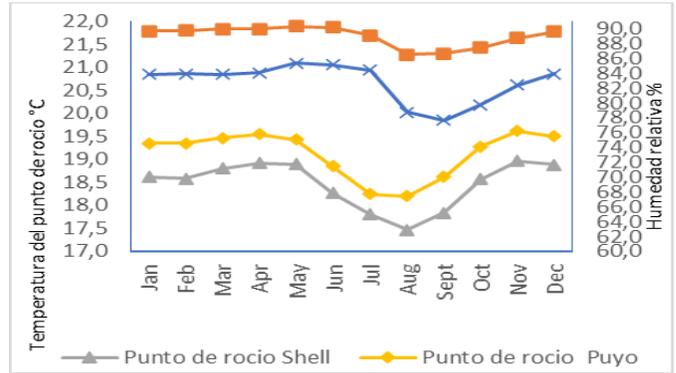


Figura 6. Valores promedio mensual de temperatura de punto de rocío y humedad relativa periodo 1981-2021
Fuente: [9-11]

punto de rocío en la estación Puyo muestra valores estables en el periodo evaluado, ubicándose alrededor de 19.1 °C, mientras que en la estación meteorológica Shell, presentan una tendencia a disminución de 0,5 °C con temperaturas que han disminuido de 18.7 a 18.2 °C

La humedad relativa, muestra mayor variabilidad, teniéndose en el año 2018 con un valor de 87%, el valor más alto de humedad relativa en la estación de Puyo fue de 94% en 1986 y la estación de Shell tuvo 87% en 1999, además la humedad relativa mínima registrada en la estación de Puyo es 86.7% en 2020 a diferencia de la estación e Shell la cual registro la humedad relativa mínima en 2014 con un 76%.

En el análisis histórico la temperatura de punto de rocío muestra mayores valores en la estación Puyo, teniendo los registros de menor magnitud entre 1988 a 1998, el cual a su vez reporta mayores valores en la estación Shell. (Fig.5), En cuanto a las medias mensuales (Fig.6), en ambas estaciones los períodos más húmedos corresponden en la época de abril a julio, seguidos de la temporada más seca de agosto a octubre.

En la velocidad del viento promedio (Fig. 7), la estación Shell muestra valores superiores, que se encuentran entre 1.5 y 3.5m/s, mientras que en Puyo estos valores se encuentran entre 0.2 y 0.5 m/s ambas presentan una tendencia de incremento en el periodo evaluado. la velocidad de viento máxima registrada en la estación de Shell en 1998 y 1999 tuvo un valor de 7.33 m/s a diferencia de la estación de Puyo que registro un valor de

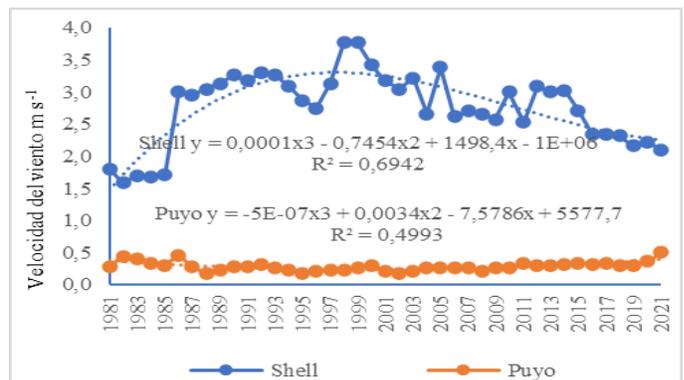


Figura 7. Comportamiento de la velocidad del viento promedio anual
Fuente: [9-11]

1.90 en 2018, lo referente a velocidad de viento mínimas la estación de Puyo registro 0.18 en los años de 1988,1995 y 2002, y en la estación de Shell la velocidad de viento mínima se registró en 1982 con un valor de 3.08 m/s

Los valores mensuales de la velocidad del viento (Fig 8) en Shell, presentan al periodo entre abril y junio y en Puyo entre mayo y julio como los de menor velocidad, mientras que la mayor velocidad se reporta entre agosto y septiembre en Shell y septiembre a noviembre en Puyo.

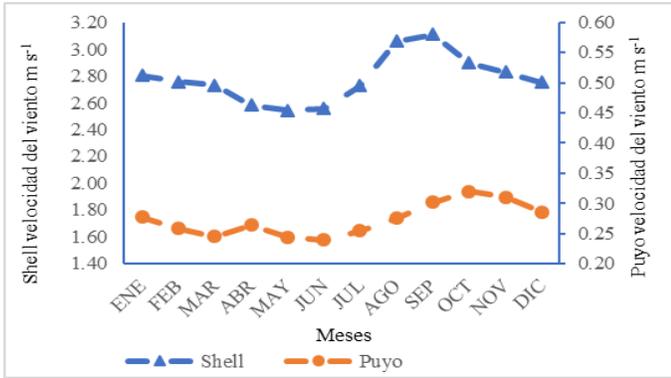


Figura 8. Velocidad del viento, promedios mensuales periodo 1981-2021
Fuente: [9-11]

Para la precipitación, las estaciones reportaron un coeficiente de correlación de 0.95, teniéndose la ecuación para el relleno de datos faltantes mensuales de la estación Puyo en función de la estación Shell $x = 205.74 + 0.00088 x^2$. En la Fig. 9 se muestran las precipitaciones anuales de las estaciones meteorológicas de Shell y Puyo desde el año 1982 – 2020 en las cuales en la estación de meteorológica de Shell la media de la precipitación es de 5600 mm, donde se observa una disminución de los valores en el periodo evaluado, mientras tanto en la estación meteorológica de Puyo se puede observar un incremento en las precipitaciones con una media de 4631 mm al año, la máxima precipitación en la estación

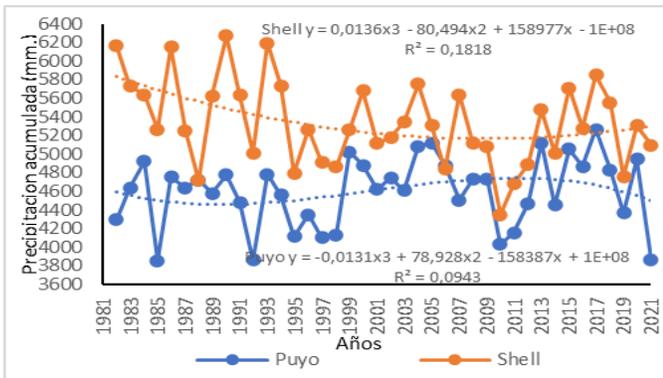


Figura 9 Precipitación anual
Fuente: [9-11]

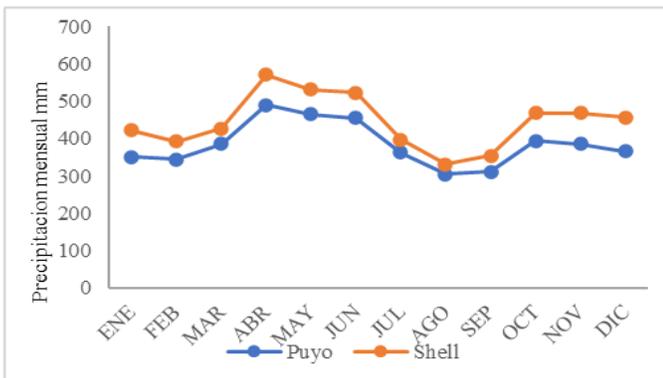


Figura 10 Precipitación promedios mensuales periodo 1981-2021
Fuente: [9-11]

meteorológica de Shell es de 6270.6 mm en el año de 1990 mientras que en la estación de meteorológica de Puyo la máxima precipitación de 5260.4 mm en el año de 2017 y el registro de las mínimas precipitaciones se da en la estación de Shell 4351.5 mm en el año de 2010 mientras que en la estación de Puyo se registra en el año 1985 con un valor de 3855.5 mm anuales. La Fig. 10 muestran los promedios de precipitación mensual, donde se observa en ambas estaciones como el período de mayor precipitación entre abril a junio, mientras que los meses de menor precipitación están en el período comprendido entre agosto y septiembre.

La precipitación es la única variable que muestra comportamiento diferente en ambas estaciones mientras en Puyo aumenta, en Shell disminuye, presenta en ambas estaciones correlaciones diferentes con la temperatura de Punto de rocío, que en Puyo mantiene una tendencia estable y en Shell presenta una disminución para el período evaluado, por lo cual en esta última estación se requiere que la temperatura disminuya a valores más bajos para alcanzar punto de rocío.

En el balance hídrico climático, ambas estaciones no reportan déficits en el período evaluado (Fig. 11), debido a las altas precipitaciones en las estaciones evaluadas, presentando los excedentes y el gasto/drenaje la misma tendencia que la precipitación donde la estación en la estación Shell se tiene una tendencia a disminución, mientras que en la estación Puyo muestra tendencia de incremento

La Fig. 12, muestra el índice global de humedad, donde la estación Shell, muestra una tendencia a la disminución, mientras que la estación Puyo mantiene sus valores dentro de un rango.

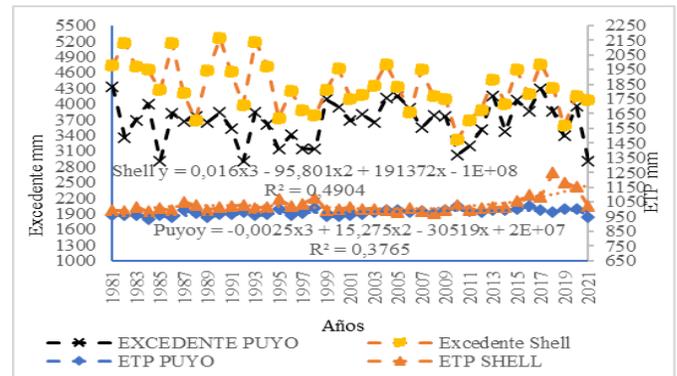


Figura 11 Excedentes y evapotranspiración potencial
Fuente: [9-11]

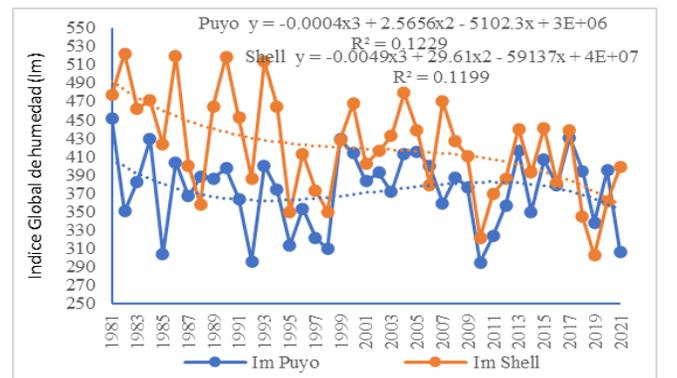


Figura 12 Índice Global de humedad
Fuente: [9-11]

Los estadísticos de ambas estaciones se reportan en la tabla 1 donde se puede observar que, la estación Shell muestra mayores valores de desviación estándar con respecto a la estación Puyo, teniéndose también que entre ambas estaciones se reportan diferencias significativas para $p \leq 0.001$ reportando mayores valores en valor medio la estación Shell para temperaturas media y mínima, precipitación y velocidad del viento.

El análisis de correlación de Pearson (Tabla 2), muestra que en las dos estaciones las variables presentan diferentes niveles de correlación, únicamente la correlación negativa de la

temperatura media con la humedad relativa muestra el mismo nivel de significancia (0.01). Se muestran correlaciones al 0.01 en la estación Puyo entre la temperatura del punto de rocío con la temperatura media y al 0.05 con la velocidad del viento. En Shell la temperatura media reporta correlaciones significativas al 0.01 con las temperaturas máxima y mínima de igual forma la temperatura de punto de rocío con a la humedad media, mientras que la temperatura máxima y mínima, reportan una correlación significativa al 0.05.

4 Discusión

[16] plantea para Ecuador un incremento de temperaturas de 0.8 °C para la temperatura media, 1.4 °C en la temperatura máxima absoluta y 1°C en la temperatura mínima

El grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), plantea que entre 1901 al 2005, hubo una tendencia de incremento de la temperatura global de 0.75°C, mientras que en las precipitaciones se prevé un aumento en las regiones ubicadas en el hemisferio norte, y una disminución en las regiones ubicadas hacia el sur, sin embargo a escala local, los modelos climáticos pueden arrojar resultados variados en una misma zona de estudio [2], esta tendencia queda demostrada en el presente trabajo, donde en dos estaciones meteorológicas, situadas a menos de 20Km de distancia, muestran un comportamiento diferente en cuanto a sus tendencias en las precipitaciones.

A diferencia de lo planteado por [17] en estudios realizados en la cuenca del río Jubones, las estaciones Puyo y Shell, no muestran épocas secas, pero concuerdan con este autor al indicar que en épocas húmedas la precipitación incrementa con la altura, donde para el presente caso, la estación Shell, muestra mayores valores de precipitación que la estación Puyo

La evapotranspiración calculada en la Shell se incrementa cada año, aun así no es superior a la precipitación a pesar que esta tienen una tendencia a disminuir, por esta razón la diferencia que existe entre la precipitación y la evapotranspiración es mayor a la reserva que existe en el suelo. En la estación Puyo existe una mayor evapotranspiración, pero también la precipitación supera a estos valores, generando excedentes.

[18] menciona que en los últimos años ha existido una variación de temperatura por lo cual la precipitación en la cuenca del Amazonas ha tenido un gran cambio, en cuanto a la intensidad de lluvia en la época de humedad y prolongadas épocas de sequía, estas últimas anteriormente tenían un periodo de duración de tres meses y medio a cuatro, pero actualmente son más largos, reportándose en los últimos años 2 sequías del siglo y dos inundaciones del siglo, eventos que se evidenciaban una vez cada siglo, mientras que en la actualidad debido al incremento de temperatura estos eventos son más frecuentes y de manera prolongada, esta información corrobora los resultados obtenidos que la precipitación en el puyo en estos últimos años está en aumento a diferencia en la Shell que anteriormente existían grandes precipitaciones y en estos últimos años tiene una tendencia a disminuir.

La estación del Puyo al encontrarse a una altitud de 959 m.s.n.m. la velocidad de viento es mucho menor, debido a que se encuentra en una planicie y alejada de los vientos de la cuenca del río Pastaza, la velocidad máxima del viento

Tabla 1.
Estadísticos de las variables evaluadas

	Temperatura media °C	Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C	Temperatura punto de rocío °C	Humedad relativa %	Precipitación mm	Velocidad del viento m s ⁻¹
Valor de p	≤0,001	≤0,001	≤0,001	≤0,001	≤0,001	≤0,001	≤0,001
	Puyo						
Media	21,2 b	31,1 a	11,9 b	19,1 a	88,9 a	4631,9b	0,27b
Desv. Est.	0,31	0,62	0,92	0,23	1,40	354,99	0,06
	Shell						
Media	21,8 a	30,4 b	14,1 a	18,5 b	82,6 b	5345,8 a	2,8 a
Desv. Est.	0,60	1,36	1,33	0,48	2,65	460,67	0,55

Fuente: [9-11]

Tabla 2
Análisis de correlación

	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura punto de rocío	Humedad relativa	Precipitación	Velocidad del viento	
Puyo	T. media	0,259	0,293	0,526**	-0,671**	-0,007	0,013
	T. máxima		0,273	0,183	-0,213	-0,115	-0,308
	T. mínima			0,127	-0,251	0,098	-0,012
	T. rocío				0,245	0,001	0,328*
	H. relativa Precip.					0,035	0,216 0,247
Shell	T. media	0,766**	0,424**	0,095	-0,449**	-0,187	-0,188
	T. máxima		0,329*	0,055	-0,291	-0,163	-0,237
	T. mínima			0,053	-0,041	0,026	-0,221
	T. rocío				0,548**	-0,012	0,065
	H. relativa					0,097	0,193
	Precip.						-0,157

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: [9,10,11]

promedio máxima registrada es de 1,9m/s, mientras que la estación meteorológica ubicada en Shell se acentúa en una meseta que se ve influenciada por las corrientes de aire producidas por el río Pastaza por esta razón la velocidad promedio máxima registrada en esta estación es de 7.33m/s.

La región también es influenciada por el fenómeno del niño oscilación sur (ENOS), el cual ha presentado eventos en forma moderada en los años 1986-1987; 1994-1995; 2002-2003. Y en forma fuerte en los años: 1972-1973; 1982-1983; 1991-1992 y 1997-1998 [19]. En la región amazónica las precipitaciones disminuyeron ante la presencia del fenómeno, pero las lluvias se presentaron con mayor intensidad [20] e incluso en otras regiones de la amazonía, pueden llegar a presentarse periodos de sequía [21]. Esto coincide con los resultados presentados en este trabajo en los periodos 91 92 y 97, 98 donde a pesar de presentarse el fenómeno del Niño, en las estaciones Shell y Puyo, se presenta una disminución de las precipitaciones

5 Conclusiones

En las variables de temperatura, media y extremas en los promedios anuales, ambas estaciones presentan una tendencia de incremento de 0,5 °C para el período evaluado, lo cual influye también sobre la temperatura del punto de rocío en Puyo y la humedad relativa en ambas estaciones.

La precipitación en sus valores acumulados anuales, muestra un comportamiento diferente en ambas estaciones, lo cual principalmente se debe a los cambios en la tendencia de la temperatura del punto de rocío.

Los parámetros velocidad del viento y heliofanía muestran variabilidad además de una tendencia de incremento en ambas estaciones.

La estación meteorológica de Shell, presenta una mayor tasa de evapotranspiración potencial ETP con respecto al Puyo, manteniéndose un paralelismo entre ellas y ambas muestran una tendencia de incremento, y a su vez ambas estaciones no se presentan déficits, y que al igual que las precipitaciones en el periodo evaluado, presentan un comportamiento inverso de Shell con respecto a Puyo.

Referencias

- [1] Tiria, L.N., Bonilla, J.S., and Bonilla, C.A., Transformación de las coberturas vegetales y uso del suelo en la llanura amazónica colombiana: el caso de Puerto Leguizamo, Putumayo (Colombia). Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 27(2), pp. 286-300, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n2.70441>
- [2] García-Garizabal, I., Romero, P., Jiménez, S., and Jordá, L., Evolución climática en la costa de Ecuador por efecto del cambio climático. DYNA, 84(203), pp. 37-44, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.59600>
- [3] Allen, R., Pereira, L., Raes, D., and Smith, M., Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Estudio FAO Riego y Drenaje, 56. 2006.
- [4] Segura, M., y Ortiz, C., Modelación de la evapotranspiración potencial mensual a partir de temperaturas máximas- mínimas y altitud Tecnología y Ciencias del Agua 8, pp. 93-108, 2017. DOI: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-03-06>
- [5] Ruiz, O., Arteaga, R., Vázquez, M., Ontiveros, R., and López, R., Balance Hídrico y Clasificación Climática del Estado de Tabasco, México. Universidad y Ciencia, 28(1), pp. 1-14. 2012.
- [6] Méndez, M., Vergara, G., Casagrande, G. y Bongianino, S., Clasificación climática de la región agrícola de la provincia de La Pampa, Argentina, Semiárida, Revista de la Facultad de Agronomía UNL Pam 31(2), pp. 09-20. 2021.

- [7] Organización Meteorológica Mundial (OMM): Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológica (2010 ed.). Génova: OMM 2010.
- [8] Gaona, G., y Quentin, E., Homogeneidad y variabilidad espacial de series meteorológicas del área del proyecto "Ciudad del Conocimiento - Yachay". Avances. 5(2), pp.22-34, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18272/aci.v5i2.138>
- [9] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Catálogo de datos abiertos INAMHI, [Fecha de referencia 21 de julio del 2021] Disponible en: <https://www.datosabiertos.gob.ec/dataset/?q=inamhi>.
- [10] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Anuarios meteorológicos [Fecha de referencia 22 de marzo del 2022] Disponible en: <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/>
- [11] Dirección General de Aviación Civil, Gestión de Meteorología aeronáutica 2022. Datos meteorológicos proporcionados a Ricardo Abril. 2022.
- [12] Thornthwaite, C.W., and Mather, J.R., The Water Balance. Publications in Climatology, 8(1), pp.5-86. 1955:
- [13] Beltrán, A.C., Abril, R.V., y Paredes, E.R., Influencia de la cobertura vegetal en las características hidrológicas del Río Pindo. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 43(4), pp. 13–26, 2022.
- [14] Santillán, E., Dávila, G., De Anda-Sánchez, J., y de Jesús Díaz-Torres, J., Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del río Cazonos, Veracruz, México. Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 8(3), pp. 104-117, 2013.
- [15] Tejada-Martínez, A., La humedad en la atmósfera. Bases físicas, instrumentos y aplicaciones. Colima, Universidad de Colima, 2018.
- [16] Bustamante, D.P., Escenario de cambio climático a nivel de subcuencas hidrográficas para el año 2050 de la provincia de Chimborazo- Ecuador. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida 26(2), pp.15-27, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.02>
- [17] Matovelle, C., Andreo, B. y Mudarra, M., Análisis de la influencia de la altitud en los eventos de máxima precipitación en una cuenca del Pacífico: tendencias y variabilidad. Información Tecnológica. 32(6), pp. 3-12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000600003>
- [18] Chiaretti, D., Cambio climático provoca caos en la Amazonía [Fecha de referencia 22 de marzo del 2015] Disponible en: <https://www.dw.com/es/cambio-climático-provoca-caos-en-la-amazonía/a-1889837>
- [19] Paladines, G.A., Paladines, N.B., Paltán, V.M., Pazmiño V.N., Pedroza W.H., Portilla, P.P., Rivera, C.E., y Acurio F.D., Fenómeno del niño historia y perspectivas. Rev. Fac. Cienc. Méd. Univ. Cuenca. 33(3), pp. 110-115, 2015.
- [20] Hidalgo, M., Variabilidad climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS. CiencAmérica 6(2), pp. 32-37, 2017.
- [21] Vázquez-Panduro, I.L., Rejas-Ayuga, J.G., Rotunno-Filho, O.C., and Barbosa, H., Análisis del comportamiento de la precipitación estimada a partir de datos TRMM sobre áreas de intensa deforestación en la Amazonía legal en el periodo 2001-2013. Ciencias Espaciales, 10(1), pp. 216–239, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v10i1.5822>

R.V. Abril-Saltos, Dr en Ciencias Agrícolas, Profesor titular Universidad Estatal Amazónica, Investigador Agregado.
ORCID: 0000-0003-1544-4360

J.M. Maldonado-Eraza, MSc. en Sistemas Integrados de Información de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa. Meteorólogo Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
ORCID: 0000-0002-2003-9610

B.T. Pérez-Tuti, Ing. Ambiental, Técnico empresa Arca continental
ORCID: 0000-0002-9383-245X

M.K. Toscano-Guatoca, Ing. Ambiental, administradora Centro turístico Gringo Yaku.
ORCID: 0000-0002-8809-0930

K.F. Palacios-Guerra, Ing. Ambiental, Profesional Independiente.
ORCID: 0009-0006-5825-2894

C.B. Pérez-Noguera, Ing. Ambiental, Profesional Independiente.
ORCID: 0009-0006-5821-5356