UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

“BALANCE HIDRICO, EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AEROPUERTO RIO AMAZONAS PARROQUIA SHELL, PROVINCIA DE PASTAZA”.

AUTORES

Keyla Fernanda Palacios Guerra

Cesar Bladimir Pérez Noguera

DOCENTE – TUTOR:

Dr. Ricardo Vinicio Abril Saltos

Puyo – Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

"Balance hídrico, en la estación meteorológica Aeropuerto Rio Amazonas parroquia Shell, provincia de Pastaza"

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con los criterios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple con los criterios
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumple con los criterios
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple con los criterios
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple con los criterios

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Cumple con los criterios
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	Pueden mejorarse más.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple con los criterios
VALORACIÓN TOTAL	98	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**98**

Atentamente,

JESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA

Firmado digitalmente por JESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA
Fecha: 2022-08-04 21:48+19:00

Mgter. Jesús Antonio Bonilla De Gracia

Dado en la ciudad de Puyo, a los 04 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El título es claro y representa la idea principal del escrito.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Información clara y precisa fácil de identificar de qué se trata la investigación y su relevancia.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	Describe correctamente la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	10/15	Entrega correctamente conceptos de términos que son empleados en el estudio, pero falta imágenes relacionadas a la investigación.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	11/15	Describe el tipo de investigación a desarrollar, sin embargo, falta ordenar de mejor manera el formato de párrafos como de tablas.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	resultados de manera organizada a partir del problema planteado.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	6/10	Conclusiones muy cortas.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Correcta aplicación de las normas APA en las citas, fuentes y referencias.
VALORACIÓN TOTAL	82	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	82

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
LUIS ALBERTO UVIDIA

Ing. Luis Alberto Uvidia Armijo

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de agosto de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 2 de Agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Keyla Fernanda Palacios Guerra, con C.I. 1600527582, con el Tema: "Balance hídrico en la estación meteorológica Aeropuerto Rio Amazonas parroquia Shell, provincia de Pastaza.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Ricardo Abril, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 11 jul 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS

Ricardo Vinicio Abril Saltos

CC:1803113321

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document trabajo curricular 11 de julio 2022.docx (D141955221)	Submitted	7/11/2022 6:00:00 PM	
Submitted by	Ricardo Abril	Submitter email	rvabril@uea.edu.ec
Analysis address	rvabril.uea@analysis.urkund.com	Similarity	6%

Sources included in the report

SA

PLAN DE TESIS LUIS MORA.docx
Document PLAN DE TESIS LUIS MORA.docx (D11613284)
4

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Perez.Toscano urkund.pdfDocument Perez.Toscano urkund.pdf (D110045238)
Submitted by:
rvabril@uea.edu.ec
Receiver:
rvabril.uea@analysis.urkund.com
4

SA

Trabajo_Paper_6229_G1.pdf
Document Trabajo_Paper_6229_G1.pdf (D109869220)
2

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, _2 de Agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Cesar Bladimir Pérez Noguera, con C.I. 1401160344, con el Tema: "_Balance hídrico en la estación meteorológica Aeropuerto Rio Amazonas parroquia Shell, provincia de Pastaza.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, _Ricardo Abril, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha _11 de julio del 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RICARDO VINICIO ABRIL SALTOS

Ricardo Vinicio Abril Saltos

CC:1803113321

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	trabajo curricular 11 de julio 2022.docx (D141955221)	Submitted	7/11/2022 6:00:00 PM
Submitted by	Ricardo Abril	Submitter email	rvabril@uea.edu.ec
Analysis address	rvabril.uea@analysis.urkund.com	Similarity	6%

Sources included in the report

SA

PLAN DE TESIS LUIS MORA.docx
Document PLAN DE TESIS LUIS MORA.docx (D11613284)
4

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Perez.Toscano urkund.pdfDocument Perez.Toscano urkund.pdf (D110045238)
Submitted by:
rvabril@uea.edu.ec
Receiver:
rvabril.uea@analysis.urkund.com
4

SA

Trabajo_Paper_6229_G1.pdf
Document Trabajo_Paper_6229_G1.pdf (D109869220)
2

Balance hídrico, en la estación meteorológica Aeropuerto Rio Amazonas parroquia Shell, provincia de Pastaza

Keyla Palacios 1[1]
amb2017253@uea.edu.ec
Bladimir Pérez 2[1]
amb2017120@uea.edu.ec
Ricardo abril 3, M. Sc[2]
rvabril@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de ciencias de la vida, Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo establecer el balance hídrico de la estación meteorológica Rio Amazonas, parroquia Shell, provincia de Pastaza, por el método de Thornthwaite y Matter, se utilizó los datos generados de precipitación media anual, precipitación máxima en 24 horas, humedad relativa y temperaturas medias, máximas y mínimas, en el periodo de 40 años que va 1981 hasta 2021 de la estación meteorológica río Amazonas ubicada en la parroquia Shell provincia de Pastaza. Se establecieron estadísticas para las medidas anuales y mensuales, y se implanto tendencias a través de regresión lineal. Se observo para el periodo de retorno entre 1981 al 2021 que la precipitación presenta una tendencia a disminución de 15 mm anuales y que la temperatura tuvo un aumento de 0,4 C. En el periodo de evaluación en todos los años la precipitación sobrepasa a la evapotranspiración potencial (ETP) por lo cual no se reporta perdidas, obteniendo en todos los años un índice de aridez de 0. Se concluye que en el lapso del periodo de retorno existe una tendencia de disminución en el balance hidrico, sin embargo en todos los años la precipitación sobre pasa a la evapotranspiración potencial (ETP).

Se observa que entre el periodo de reto

Palabras claves: Evapotranspiración potencial, Thornthwaite y Mather, Balance hídrico, estación meteorológica aeropuerto Rio Amazonas

Introducción

La mayoría del planeta tierra (estimándose en un 70%) está cubierto por agua, siendo este material un bien que facilita la existencia de los seres vivos en el planeta, ya que es utilizado por los organismos fotosintéticos (es decir, las especies vegetales y las algas) para poder producir su propio alimento mediante el proceso de fotosíntesis, como también empleado en su proceso de respiración brindando el oxígeno que se utiliza, sirviendo sus reservas de energía como alimento para herbívoros y siendo la base de la cadena alimentaria (Pérez & Shinomi, 2005).

El recurso hídrico, está siendo altamente afectado por la presión humana, agravando cada vez más su disponibilidad (cantidad y calidad). Estos factores de presión son fundamentalmente la sobreexplotación de acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes a los cuerpos de agua, los cambios en el uso del suelo tales como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, entre otros. Este decrecimiento en la disponibilidad hídrica aunando a un alto índice de crecimiento poblacional, generan conflictos los cuales están incrementando y tienden a agravarse; si no se toman las medidas necesarias, como la regulación del uso del agua, a través de mecanismos de planificación normativas y leyes que permitan su protección y su distribución en forma racional (Quintero, 2010).

Sokolov y Chapman (1981), afirman que el balance hídrico, es uno de los principales objetivos en hidrología, son un medio para solucionar importantes problemas hidrológicos teóricos y prácticos. A partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre. El conocimiento de la estructura del balance hídrico de lagos, cuencas superficiales y cuencas subterráneas, es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de estos; por ejemplo: trasvases de cuencas, control de máximas crecidas, etc.

El método de Balance hídrico utilizado en el presente trabajo es de Thornthwaite & Mather (1955) debido que es el más empleado por su simplicidad y posibilidades de estimación, para el cual se necesitan las precipitaciones mensuales y la evapotranspiración potencial mensual (ETP). Se obtuvieron los datos de la estación meteorológica Rio Amazonas, para determinar las variabilidades en los factores de temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y realizar el balance hídrico.

La problemática del artículo se basa en que a nivel mundial existen cambios dentro de las características meteorológicas provocadas por efecto del cambio climático, por lo cual en muchos sectores carecen de esta información lo cual no permite la planificación para medidas de mitigación con respecto al cambio climático. Conocer el balance hídrico histórico de la estación meteorológica Rio Amazonas nos permitirá conocer la tendencia de cambio dentro del sector y así poder planificar medidas de mitigación para el cambio climático. El objetivo general es establecer el balance hídrico de la estación meteorológica Rio Amazonas, parroquia Shell, provincia de Pastaza para un periodo de retorno de 40 años.

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Localización

El área de estudio comprende la provincia de Pastaza, en la parroquia Shell. En ella se encuentra la estación meteorológica del aeropuerto río Amazonas. Ubicada en la zona 17 S



Figura 1. Ubicación de la estación meteorológica Rio

con las siguientes coordenadas UTM; en X: 826241 y en Y: 9833677 a una altura de 1051 m.s.n.m.

Tipo de Investigación

En el presente trabajo desarrollo una investigación descriptiva, la naturaleza de esta investigación tiene un claro enfoque ya que se basa en el análisis e interpretación de los datos obtenidos a través de registros meteorológicos. En la obtención de balances hídricos a través de información facilitada por la estación meteorológica del aeropuerto Río Amazonas cantón Shell, provincia de Pastaza, cuya información permitirá obtener una base de datos fiable que podrá servir para futuras investigaciones o proyectos.

Método de investigación

Se aborda el método deductivo, como una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de datos meteorológicos, que fueron el análisis general de los parámetros climáticos hasta obtener un resultado especifico, siendo este el comportamiento del balance hídrico.

Se obtuvo la información de la estación meteorológica del aeropuerto Río Amazonas de la Dirección General de Aviación Civil para el periodo de 1981-2021, que corresponden a las medidas de pluviosidad, precipitaciones máximas en 24 horas, humedad relativa y precipitaciones medias, máximas y mínimas. Posteriormente se obtuvo la media aritmética con respecto a cada año en el intervalo de tiempo mencionado.

Se estimó evapotranspiración potencial (ETP) a través del método de Thornthwaite y Matter para cada año dentro de los 40 años de análisis, y el mismo se utilizó para poder realizar el balance hídrico.

Parámetros usados para el Balance Hídrico según Thornthwaite

Precipitación

Se utilizó la precipitación mensual (mm) de cada año

Evapotranspiración potencial (ETP)

Para poder obtener el índice de calor mensual (i) se realiza mediante el cálculo de las temperaturas del aire, a través de la siguiente ecuación (Montaner & Sánchez, 1988)

$$i=(t/5) \quad \textbf{(1)}$$

Previo a la obtención del índice de calor mensual, se procede a obtener el índice de calor anual (I) con la suma de los doce valores del índice de calor mensual para meses teóricos de 30 días y 12 horas diarias del sol, con los datos previos obtenidos se plantea la siguiente ecuación.

$$ETP=1{,}6(10t/I)^{a} \quad \textbf{(2)}$$

Donde:

ETP= Evapotranspiración potencial mensual no corregida en mm/día

t= Temperatura media mensual en °C

I= Índice de calor anual

a= Función compleja de I igual a

$$675*10^{-9}\ I^{3}\text{-}771*10^{-7}I^{2}+1.972\ 10^{-5}\ I+0.49239^{3}$$

Faltante (F)

Es el volumen de agua que se necesita para poder evapotranspirar, la ecuación que se utilizo es la siguiente

$$Fi=ET\text{-}ETR \quad \textbf{(3)}$$

Donde:

Fi: faltante
ET: evapotranspiración potencial del mes (mm)
ETR: evapotranspiración real del mes (mm)

Exceso (Ex)

Es el exceso de agua de la reserva máxima que se ha perdido por escorrentía superficial o profunda, es decir:

$$Exi = [Pi-ETi-VRi] \text{ si } (Pi-ETi) > 0 \quad (4)$$

$$Exi = 0 \text{ si } (Pi-ETi) \leq 0 \quad (5)$$

Donde:

Exi: exceso (mm)

P: precipitación media o mensual (mm)

ETi: evapotranspiración potencial(mm)

Solo puede haber exceso si la precipitación en los meses húmedos

$$Ex = P-ETP-VR \quad (6)$$

Resultados

La figura 2 representa la precipitación anual acumulada de la estación Rio Amazonas, la cual reporta el mensual promedio de 445,8mm en el periodo de 40 años, a su vez se observa una oscilación que va entre los valores de 4351y 6270 mm. La cual es evidenciada a través de una regresión lineal, se observa una tendencia a disminuir con un valor de 600 mm en el periodo de evaluación. En el año de 1990 se puede evidenciar la precipitación anual acumulada con un valor de 6270,6mm y el año 2010 reporta el menor valor acumulado con 4351,5mm.

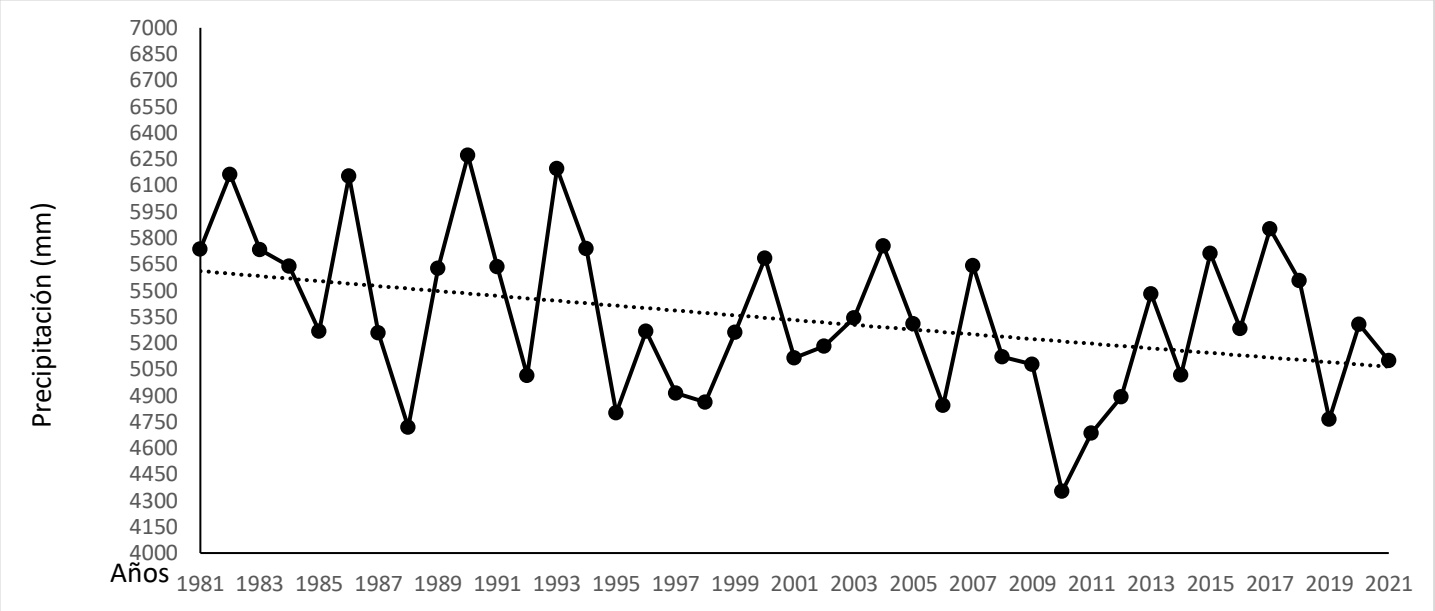

Figura 2. Comportamiento de la precipitación anual en la estación meteorológica Rio Amazonas (mm)

La figura 3 expone los datos con las precipitaciones máximas en 24 horas tomando en cuenta los valores de máximos absolutos, en el cual se puede observar que el año 1990 se reportó la mayor precipitación máximas con un valor de 179,8 mm y el año con menor presencia de precipitaciones máximas son 1997 con un valor de 30,5 mm. Se puede notar una disminución en el periodo de 40 años.

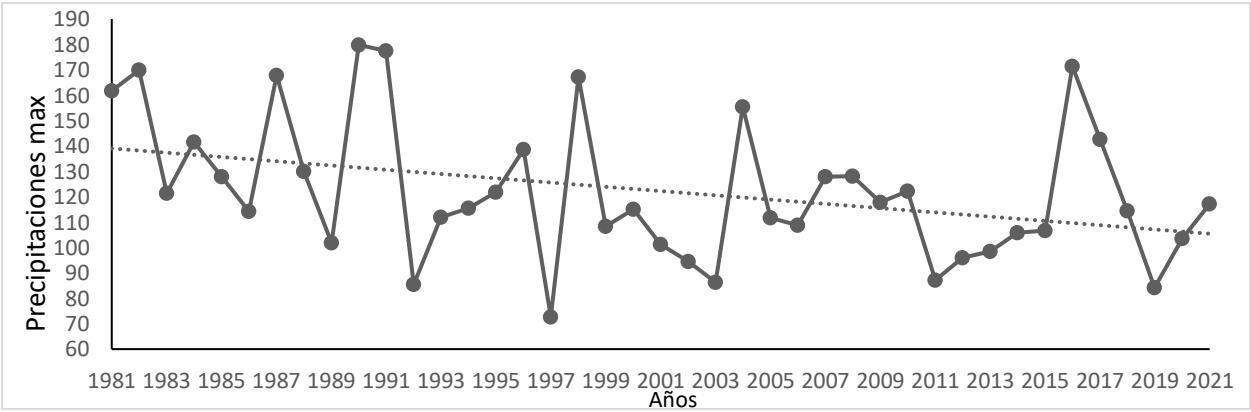

Figura 3. Comportamiento de la Precipitación Máxima en 24 horas en la Estación Meteorológica Río Amazonas (mm) periodo 1981-2022.

La figura 4 presenta la humedad relativa de los últimos 40 años, dando un promedio histórico de 82%, en los cuales oscilan valores entre 75 y 88%. El año que reportó mayor humedad es el 1999 con una humedad relativa de 88% y el año con menor humedad relativa es el 2019 con 75%. Se observó una tendencia de disminución de la humedad de un 4% para el periodo de evaluación. Esto se debe a diferentes factores que influyen en el ambiente.

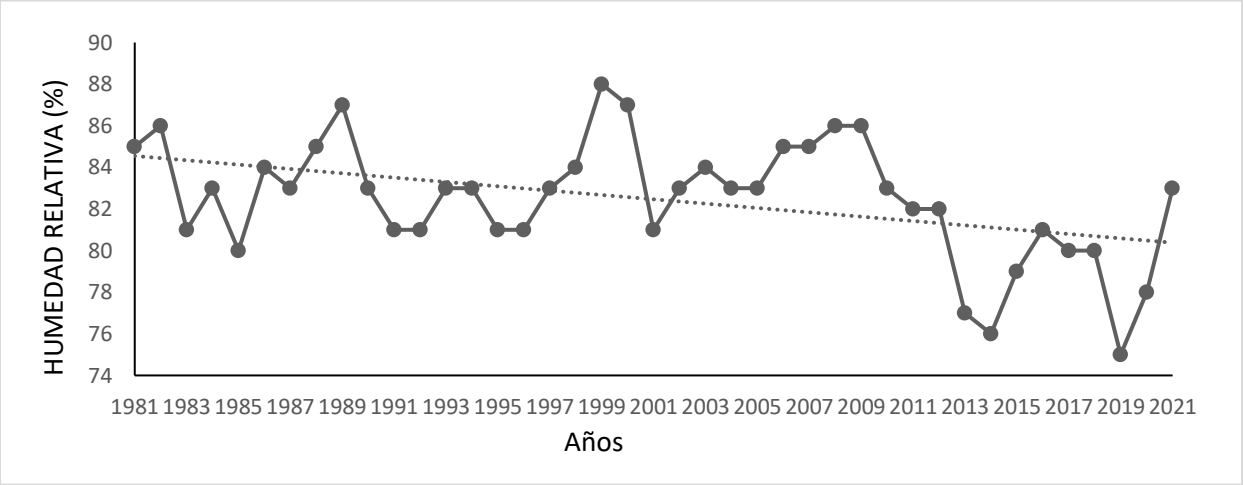

Figura 4. Comportamiento de la Humedad Relativa en la estación meteorológica Rio Amazonas (%) periodo 1981-2022.

La figura5 presenta los datos de temperatura medias, mínimas y máximas. La temperatura anual reporta un incremento de 0,4 º C. En los años 2018, 2019 y 2020 se observa un mayor incremento, a partir de del cual la temperatura nuestra una disminución de 2 º C. El año 2008 tuvo una temperatura de 21,1 º C siendo el menor valor en este periodo de 40 años. Dando así un valor promedio de temperatura de 21,8 º C en los datos registrados por la estación meteorológica Río Amazonas. En los datos de temperatura mínima muestran una tendencia ascendente, lo que muestra un aumento de 1,6 º C. En los años 1981,2004 y 2010 reportan valores inferiores a los 15 º C, por otro lado, a partir del año 2015 un aumento de temperatura dando su punto más alto en el año 2017 con una temperatura de 17,2 º C, para posteriormente realizar un declive. Con respecto a las temperaturas máximas se puede observar un aumento de 1,7 º C. Viéndose un incremento partir del año 2015, por otro lado, en el año 2019 se puede reportar el mayor valor en las temperaturas máximas con un valor de 33,1 º C.

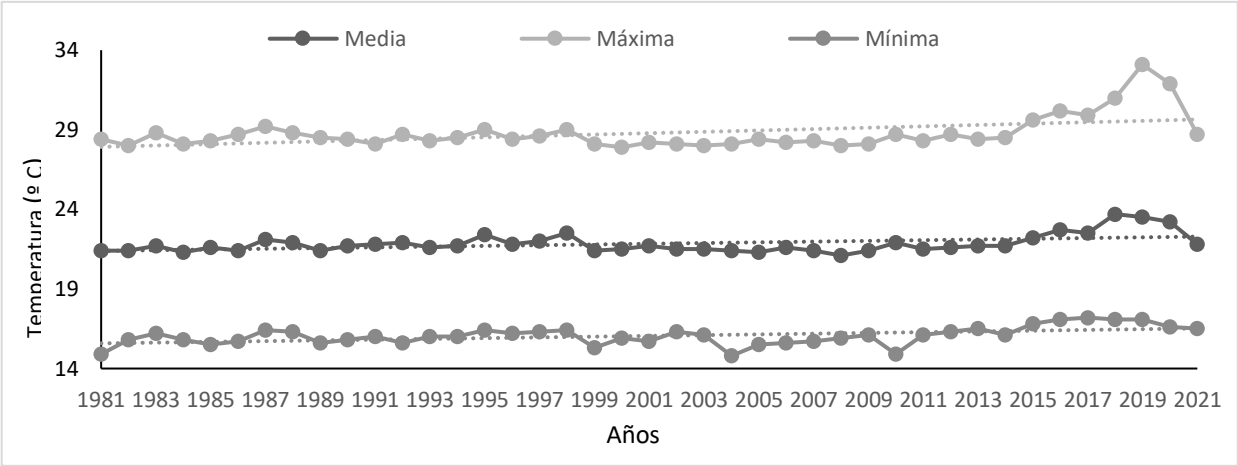

Figura 5. Comportamiento de las temperaturas máximas, medias y mínimas en la estación meteorológica Rio Amazonas (%) periodo 1981-2022.

En la figura 6 se observa el índice de humedad global en el cual se muestra un declive, en la estación meteorológica Río Amazonas, esto es debió al aumento considerable de temperatura y la disminución de fenómenos de precipitación en la estación durante el periodo de 40 años. En los años que 1982, 1986, 1990 y 1993 son los puntos más altos en índice de humedad con un valor superior a 500. Y el año 2019 es en el cual se evidencia la menor cantidad de humedad con un valor de 275,6. Se puede evidenciar que no existe la presencia de perdidas, por lo cual el índice de aridez es 0.

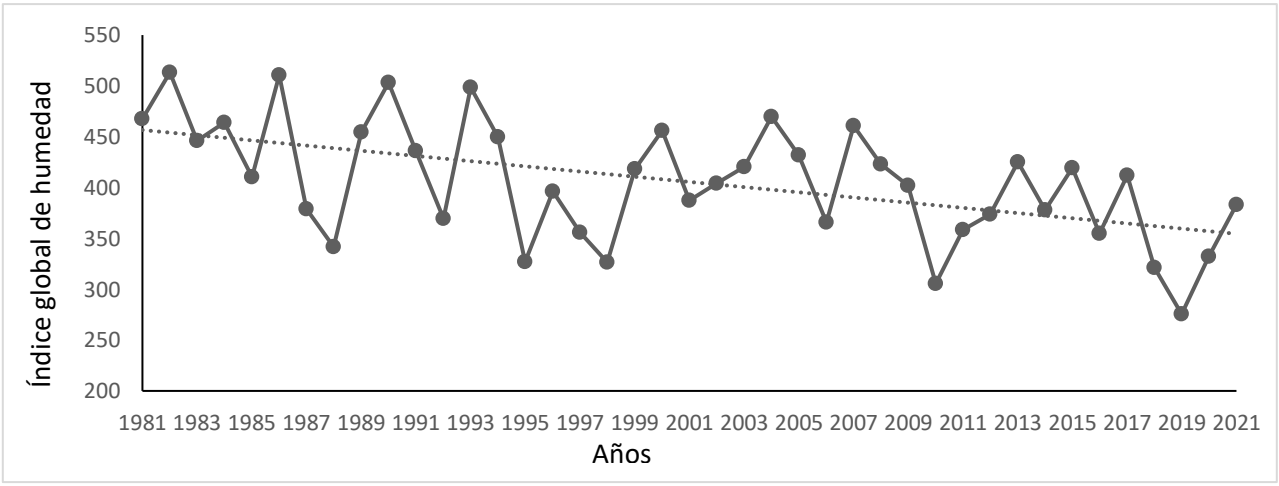

Figura 5. Comportamiento del Índice de humedad en el periodo 1981-2022.

Discusión

De acuerdo con el estudio comprendido de 40 años y los datos de la estación meteorológica, las precipitaciones anuales acumuladas tienen una tendencia a disminuir sin embargo en el año 1981 presenta una precipitación de 5 736,2 mm y para el año 2021 una precipitación de 5 100,5mm mostrando en la tendencia lineal una disminución de 635,7mm. No obstante, también existen periodos que notablemente han tenido una baja precipitación a comparación de otros años, es así que en el periodo de 1995 al 1999 existió una precipitación por debajo de los4 800mm y la más baja precipitación presentó valores por debajo de los 4 359mm el año 2009. La mayor precipitación comparece el año 1990 con una estimación de 6 270,6mm. Algo que se pudo observar notablemente es que a partir del año 1994 no se ha superado los niveles de precipitación de 5850,6mm. Broecker (2014), menciona que los cambios de precipitaciones se originan por el creciente aumento de CO_2 en la atmosfera y que además acarrea grandes consecuencias a los seres humanos.

En cuanto a las precipitaciones máximas en 24 horas se denota que entre los años 2005 al 2015 no ha superado precipitaciones de 130 mm. Al igual que las precipitaciones anuales acumuladas, el año con mayor precipitación máxima en 24 horas fue el de 1990 con un valor de 179,8mm y el de menor precipitación fue del año 2019 con un valor de 84,1mm. De acuerdo a Tsamaraint (2012), en su estudio realizado en la subcuenca del río Puyo y con los datos obtenidos de la estación meteorológica Puyo; existe una semejanza en cuanto a las precipitaciones puesto que estas estaciones meteorológicas son cercanas, de esta manera su estudio concuerda que el año con mayor precipitación que fue el de 1990.

Referente a la humedad relativa; Portilla (2018) dice que existe un caso muy peculiar en la Amazonía ecuatoriana ya que la provincia de Pastaza es conocida por su alta humedad relativa y valores continuos, añade además que en todo el territorio nacional la humedad relativa se conserva sobre el 70% como promedio. Es así que en el periodo de estudio se observó que ha existido una humedad alta, sin embargo, a partir del año 2010 no ha sobrepasado el valor de 83% y en el año 2019 presento un valor de 75% que a comparación de otros lugares sigue teniendo una humedad relativa muy alta.

Respecto a la temperatura del área de estudio se determinó que la temperatura mínima no ha tenido cambios significativos en el periodo de estudio ya que ha tenido oscilaciones de

entre 14ºC hasta los 17ºC, en cuanto a la temperatura media no existió una diferencia significativa desde los años 1981 hasta el 2014 que abarcaba pequeñas variaciones dentro de los 21ºC, sin embargo, en el 2015 se incrementó la temperatura desde los 22,2ºC hasta los 23,2ºC del año 2020, según la UNEP (2022),La temperatura media mundial durante los últimos cinco años fue la más alta que se ha registrado, se deduce así que la temperatura media anual a lo largo de los años 1981 - 2020 ha tenido un incremento de 1,8ºC superando el umbral de 1,5ºC de los niveles preindustriales. Al igual que las temperaturas medias, las temperaturas máximas tienen el mismo compartimiento; en los años 1981 al 2014 se tuvo casi las mismas temperaturas de 28ºC sin embargo desde el año 2015 al 2020 se incrementó este valor llegando hasta los 31,9ºC y para el año 2021 disminuyo a 28,7ºC.

Con relación al cálculo del Balance hídrico aplicando la metodología de Thornthwaite, se observa que la parroquia Shell durante los años 1981 hasta 2021 no existió déficit del recurso hídrico, pero si existió excedentes a lo largo de todos estos años. Por medio del estudio se evidencia que el índice de humedad que permite determinar evaluar la aridez del medio relacionando la precipitación y la evapotranspiración potencial, tiene la tendencia a disminuir esto puede ser debido al cambio climático que se ha venido incrementando en los últimos tiempos. El año con mayor índice de humedad fue de 1982 con un valor que supero los 500 mientras el año con menor estimación fuel el de 2019 con 275,6. Cabe recalcar que con esta disminución del índice humedad no ha existido aridez en el área. Lalangui y Méndez (2020), en su estudio realizado con datos de la estación Puyo tiene como resultado de acuerdo al balance hídrico por el método de Thronwaite, que en el año 2019 se presento excedentes, cabe recalcar que la estación Puyo y la estación río Amazonas se encuentran relativa cercanas por ende no existe una gran variación. Según el INAMHI (2013), en su boletín agrometeorológico decadal detalla que la provincia de Pastaza en especifico en Shell ha existido un gasto de evapotranspiración menor que el aporte de agua han posibilitado el incremento de reservas de agua en los suelos, dando como resultados que las demandas de los cultivos y de pastizales sean cubiertas fácilmente, además que las actividades agropecuarias se desarrollen de manera normal, es así que no ha existido déficit.

CONCLUSIONES

En la estación meteorológica Rio Amazonas en el periodo de evaluación de 40 años se observo un aumento en las temperaturas medias, mínimas y máximas esto se pude deber a diferentes factores, pero el principal es el calentamiento global ya que en las últimas décadas se ha presenciado el aumento de temperatura a nivel mundial.

En el comportamiento de las precipitaciones se analizó una disminución de 600 mm entre 1981 hasta 2021, lo cual también ha influenciado en la humedad relativa que también reporta disminución bajando su porcentaje con el transcurso de los años, esto se debe al aumento de temperatura que se ha presenciado.

En el periodo de evaluación, en la estación meteorológica Rio Amazonas se pudo observar que, en todos los años la precipitación sobrepasa la evapotranspiración potencial (ETP) por lo cual se puedo obtener que no existe la presencia de perdida dando así un índice de aridez de 0.

BIBLIOGRAFÍA

Adrades, M., & Múñez, C. (2012). *Fundamentos de Climatología* (Universidad de la Rioja (Ed.); Vol. 59).

Areche, L. (2019). *Evaluación de la Evapotranspiración Potencial ETp., del Cultivo de papa (Solanum tuberosum L.), en lisímetro superficial en la Provincia y Distrito de Acobamba Huancavelica.* [Universidad Nacional de Huancavelica]. https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3846/TESIS-2019-AGRONOMIA-ARECHE ZAMBRANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Broecker, W. (2014). El impacto del calentamiento global en la destribución de las precipitaciones: una perspectiva histórica. En TF Editores & Interactiva S.L.U (Ed.), *Hay un futuro: Visiones para un mundo mejor* (BBVA, pp. 235-256). https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2013/01/BBVA-OpenMind-Libro-Hay-futuro_visiones-para-un-mundo-mejor.pdf

Cajamarca, R. (2017). *Estudio del balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas, sector Jadán y Zhidmad en el área de interceptación con el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA)* [Universidad Plitécnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14595/1/UPS-CT007172.pdf

Carchi, E. (2015). *Elaboración de un balance hídrico de la Cuenca del Río Machángara* [Universidad de Cuenca]. https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23005/1/TESIS.pdf

Castro, C., Guzmán, D., & Cortés, D. (2021). Water storage and availability in determining the potential usea of land. *Geoespacial, 18*(1), 36-48. https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/1996/1629

Claro, F. (1991). *Himat Balance Hidrico*. Instituto Colombiano de hidrología, metereología y adecuación de tierras HIMAT. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/011636/BALANCEHIDRICO.pdf

Díaz, L., & Alarcon, J. (2018). *Estudio hidrolófico para determinar la oferta y la demanda*

de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para acueducto interveredad en Nunchía, Casanare [Universidad Católica de Colomvia]. http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=

FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. En R. Allen, L. Pereira, D. Raes, & M. Smith (Eds.), *Estudio FAO Riego y Drenaje* (Vol. 56). https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm

Galarza, D. (2016). *"Evaluación Meteorológica De La Cuenca Del Río Machángara"* [Universidad de Cuenca]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26301/1/Tesis.pdf

García, E. A. (2016). *Relación de evapotranspiración de cultivo con la de referencia en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) bajo condiciones de invernadero* [Centro de Investigación en Química aplicada]. https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/105/1/Tesis MAP Eliud Abdiel Garcia Solis Mar 08 2016.pdf

Hurtado, J. (2019). *Análisis Hidrológico Y Estimación Del Balance Hídrico Para La Presa De Relaves Pataz - La Libertad - 2019* [Universidad Ricardo Palma]. http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2926/CIV_T030_46674905_T HURTADO ASTO JENNYFER JESUS.pdf?sequence=1

INAMHI. (2013). *Boletín Agrometereológico Decadal*. https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/bdecadal/agosto/decada3/agro_ago_dec3.pdf

Lalangui, L., & Méndez, D. (2020). Sistemas de información geografica determinación de la zona de vulnerabilidad de inundación en base al ánalisis litológico y capacidad de permeabilidad del suelo. *ReseachGate*.

Meruane, C., & Ganrreaud, R. (2015). *Determinación de Humedad en la Atmósfera*. 7. http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/modHR.pdf

Montaner, M., & Sánchez, E. (1988). Aproximación, Por Le Método De Thornthwaite, Al Cálculo De La Infiltración De La Lluvia Útil. *Papeles de Geografía*, *14*, 223-235.

Pérez, C., & Shinomi, Y. (2005). *Manejo Integral de Cuencas Hidrograficas, Conceptos Básico*.

Picón, J., & Aristega, A. (2019). *Aplicación de Bases de datos en la Metereología agrícola para el cultivo de banano* [Universidad Estatal de Milagro]. http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/4768/1/APLICACIÓN DE BASES DE DATOS EN LA METEOROLOGÍA AGRÍCOLA PARA EL CULTIVO DE BANANO.pdf

Portilla, F. (2018). *Agroclimatología del Ecuador* (Editoriar, Vol. 1). Universidad Politécnica Salesiana. https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625

Quintero, M. (Ed.). (2010). Estado del conocimiento técnico-científico sobre los servicios ambientales hidrológicos generados en los Andes. En *Servicios Ambientales Hidrológicos en la RegiónAndina* (Número 12, pp. 24-43).

Rivas, D. (2018). *climáticas . Aplicación didáctica Rivas Cárdenas , Daniel* [Universidad Nacional de Educaciñon Enrique Guzman y Valle]. http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4103/El clima%2C caracteres%2C causas%2C clasificación.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ruiz, O., Arteaga, R., Vázquez, M., Ontiveros, R., & López, R. (2012). Balance Hídrico Y Clasificación Climática Del Estado De Tabasco , México. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, *28*(1), 1-14. http://www.universidadyciencia.ujat.mx/sistema/documentos/volumenes/28-1-2012/714.pdf

Sánchez, J. (2022). Hidrología superficial y subterranea. En *Dpto. Geología - Universidad*

Salamanca - España (Vol. 2). Universidad de Salamanca. http://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf

SENAMHI. (2011). Balance Hídrico Superficial. En J. Ordoñez & M. Casaverde (Eds.), *Sociedad Geográfica de Lima* (Novoa, Zan). https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf

Sokolov, A., & Chapman, T. (Eds.). (1981). *Methods for water balance computation.* Instituto de Hidrología de España/ Unesco.

Thornthwaite, C., & Mather, J. (1955). *The Water balance* (Drexel Ins). https://www.worldcat.org/title/water-balance/oclc/637882076

Tipantiza, L. (2020). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal «Alangasí-La Merced» del sistema de riego Tumbaco*. Universidad Central del Ecuador.

Tsamaraint, F. (2012). *Manejo de recursos hídricos y degradación de la subcuenca media del río Puyo* [Universidad Estatal Amazónica]. http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2015.12.003%0Ahttps://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/30/027/30027298.pdf?r=1&r=1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2015.04.004

UNEP. (2022). Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change. En *The Daunting Climate Change*. https://doi.org/10.1201/9781003264705-7

Villalta, H., & Sorto, G. (2013). *Implementación de una estación meteorológica* [Universidad de el Salvador]. http://ri.ues.edu.sv/4372/1/Implementación de una estación meteorológica.pdf

MARCO TEORICO

1. Meteorología y Climatología

Picón y Aristega (2019) define a meteorología como una ciencia la cual está encargada del análisis de la atmosfera. Los fenómenos que se produce en ella, sus propiedades, características, etc. Para el estudio de la atmosfera se debe tener conocimiento en variables meteorológicas tales como: la temperatura, presión atmosférica, la humedad, dichas variables cambian con el espacio, así como también en el tiempo. Al igual Picón y Aristega, Galarza (2016) menciona que la meteorología estudia los fenómenos que acontecen en la atmosfera, litosfera e hidrosfera y que se relacionan entre sí. Añade además que su importancia está presente en los ámbitos: industriales, sociales, agrícolas, transporte, comerciales, etc,

La Climatología es la ciencia que se encarga de estudiar una serie de estados atmosféricos que suceden en determinado momento y lugar. La climatología se basa en estudios meteorológicos (Adrades y Múñez, 2012). Las variaciones del clima son producidas por los aspectos relevantes de la meteorología, por lo que lo hace muy importante el estudio de esta.

La meteorología y la climatología son ciencias que se relacionan no obstante son muy diferentes. Existen parámetros iguales para su estudio, pero su orientación es distinta. La climatología en su estudio ocupa variables atmosféricas a largo plazo la meteorología lo hace de medio a corto plazo.

2. Estación meteorológica

Según Villalta y Sorto (2013) una estación meteorológica es una instalación de dispositivos los cuales captan los cambios que se den en el medio ambiente. Su objetivo es medir, registrar y enviar datos censados a servidor base de datos con regularidad. Con los datos generados se realizan estudios climáticos como también elaboración de predicciones metrológicas.

3. Variables climáticas

3.1. Precipitación

Dentro de la meteorología precipitación es el agua que proviene de la atmosfera y esta es depositada en la superficie de la tierra de forma líquida o sólida. Carchi (2015) menciona que

las precipitaciones es uno de los componentes principales dentro del ciclo del agua y el responsable en su mayoría de que se deposite agua dulce en el planeta. Rivas (2018)**,** comenta que la precipitación es un hidrometeoro que cae en conjunto con otras partículas y las clasifica de la siguiente manera:

Llovizna. - es la precipitación que cae en forma líquida, conformada por gotas inferiores a 0.5. Estas permanecen levitando en dirección al viento debido a que su diámetro no sobrepasa la resistencia del aire.

Lluvia. – al igual que la llovizna se encuentra en estado líquido y tienen un diámetro superior a 0.5mm y rompen la resistencia al aire cayendo por la acción de gravedad. En zonas tropicales se encuentra más representativas estas precipitaciones.

Granizo. – el granizo se encuentra en estado sólido, tiene una semitransparencia que está envuelta por varias capas de hielo y es producido por las nubes llamadas cumulonimbos que se encuentran a 4 000 m.s.n.m.

Nieve. – De la misma manera que el granizo la nieve también se encuentra en estado sólido conformado por cristales de hielo con aire entre ellos. Estas caen fácilmente con el viento y en agrupaciones formando copos de hielos, este fenómeno se abre paso cuando existe temperaturas bajo 0ºC.

3.1.1. Tipos de precipitaciones

Según el servicio Nacional de Meteorología e hidrología de Perú SENAMHI (2011), los tipos de precipitaciones según su origen se distingue de la siguiente manera:

Frontal o Ciclónicas. – son producidas por los frentes de una borrasca o ciclón.

Convención. – son precipitaciones intensas, pero de muy corto tiempo son denominadas chaparrones o chubascos. Se producen por el ascenso vertical de bolsas de aire caliente.

Orográficas. – estas precipitaciones se presentan cuando las masas de aire húmedo ascienden al encontrarse con cordilleras, lo que provoca altas pluviosidades.

3.1.2. Medición y Registro

La precipitación se mide en milímetros (*mm*) o también en litros *(l*) por metro cuadrado(Carchi, 2015). Sánchez (2022), menciona que para cuantificar las precipitaciones caídas en un punto los equipos que habitualmente son utilizados son los pluviómetros. Esto debido a su fácil manipulación, midiendo así los litros o milímetros que se ha podido recolectar en un tiempo determinado. En ocasiones se necesita un registro continuo del fenómeno es así que se utiliza un pluviógrafo el cual registra toda la evolución de la precipitación con el tiempo.

La información que se obtiene de una estación meteorológica se puede dar de forma de hietograma y pluviograma.

Hietograma

Es un gráfico en cual se expresa la precipitación en intervalos regulares de tiempo. Por lo general se representa como un histograma o un gráfico de línea (Sánchez, 2022).

Pluviograma

En él se refleja la precipitación acumulada en función del tiempo. La pendiente del gráfico que se obtiene del pluviógrafo permite calcular la intensidad de precipitación (Sánchez, 2022).

3.2. Humedad relativa

La humedad relativa es definida por Meruane y Ganrreaud (2015), como la proporción de vapor de agua real que se encuentra en el aire y es comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. A demás indica que cerca se encuentra el aire de la saturación. Es medida en porcentajes de entre 0 que significa completamente seco y el 100% aire completamente saturado.

3.3. Evaporación

La evaporación forma parte del ciclo hidrológico y es un proceso natural que ocurre en la superficie terrestre y marítima, la cual consiste en la transformación del agua que se encuentra en estado líquido al estado gaseoso, esto debido a las fuentes de energía que inciden sobre ella y posteriormente se incorpora al aire (Cajamarca, 2017).

3.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración es la unión de dos procesos diferentes tal es el caso de la evaporación y la transpiración vegetal desde la superficie del suelo hacia la atmosfera. La evapotranspiración es medida por medio de lisímetros, este consiste en un recipiente enterrado con un pequeño drenaje por donde el agua caerá por acción de gravedad (Sánchez, 2022).

Según FAO (2006) incluye tres diferentes definiciones:

Evapotranspiración de referencia (ETo): es la perdida de agua que se da por la evapotranspiración de un cultivo generalmente se toma como referencia a las gramíneas o pastos debido a las condiciones climáticas (SENAMHI, 2011).

Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándares (ETc): esta se refiere a la evapotranspiración de un cultivo que se encuentra en óptimas condiciones además depende de las condiciones de los cultivos como el ritmo de desarrollo de las plantas (periodo vegetativo) y las condiciones climáticas (temperatura, viento, lluvia , etc) (SENAMHI, 2011)

Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETcai): esta se refiere a la evapotranspiración cuando los cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y el manejo distintos a la condición estándar es decir, condiciones de campo no optimas como por ejemplo la presencia de plagas, enfermedades, baja fertilidad del suelo, presencia de salinidad en el suelo, exceso de agua entre otros factores (García, 2016).

3.5. Temperatura

Es la cantidad de energía solar que es retenida por el aire en momento determinado. La temperatura depende de la radiación solar. El instrumento de fiabilidad que es utilizado para medir dicha cantidad de energía es el termómetro. La medición que se debe realizar es a 1.5 m del suelo y suele expresarse en una escala centígrada (SENAMHI, 2011).

Temperatura mínima. - es definida como la temperatura más baja en una cohorte de años.

Temperatura media. - Es la que se encuentra entre la temperatura máxima y la temperatura mínima.

Temperatura máxima. - Temperatura más alta en un intervalo de tiempo.

4. Balance hídrico

En una investigación hidrológica el enfoque más común es la cuantificación del cambio hidrológico y climatológico que se integra en un balance hídrico, en donde existe una distribución temporal y espacial del recurso. El balance hídrico determina el estado en que se encuentra presente la oferta y la demanda del recurso hídrico del área de estudio. Esto permite establecer lineamientos para la protección mediante el uso de la base de datos para usuarios del recurso como también para planificadores de proyectos.

El balance hídrico es el equilibrio de todos los recursos hídricos en intervalo de tiempo determinado donde existe entradas del sistema. Díaz y Alarcon (2018), definen al balance hídrico como una herramienta la cual permite conocer características de la cuenca con la aplicación del principio de conservación de la masa o también con la ecuación de continuidad en donde la precipitación es igual a la escorrentía más evapotranspiración y la infiltración.

En cuanto los usos que se tiene al realizar un balance Carchi (2015), menciona que se lo puede utilizar para gestionar el suministro de agua y a su vez predecir si existirá escasez. También agrega que es utilizado en irrigación, modelos de escorrentía, diseño de drenajes subterráneos verticales u horizontales tales como tuberías y pozos.

Para describir al balance hídrico se utiliza un gráfico en donde se presenta los niveles de precipitación y la evapotranspiración en escala mensual. Carchi (2015) alude que se debe distinguir que existe dos tipos de demandas, la primera demanda que es natural y la segunda demanda antropogénica.

4.1. Tipos de balances hídricos

Existen diferentes tipos de balances Hídricos dependiendo su finalidad es así que Claro (1991), los clasifica de la siguiente manera:

4.1.1. Balance hídrico climático

El balance hídrico climático (BHC) se refiere a las entradas y a las salidas de evapotranspiración y lluvia en un sistema, mediante la aplicación del principio de conservación de la materia en la zona radical de los cultivos se puede conocer la humedad disponible en el suelo, de esta manera se comprende si en un determinado tiempo existirá déficit o exceso a largo plazo. Para calcular el BHC el método que más es empleado es el Thornthwite & Mather ya que para ello se utiliza la capacidad de almacenamiento de agua presente en el suelo, el promedio mensual de precipitación y la temperatura, la variable temperatura es importante ya que con ella se estima la evapotranspiración de referencia (ET_O) (Ruiz et al., 2012).

4.2. Variables para el cálculo del Balance hídrico

2.2.1. Precipitación (P)

Los datos de precipitaciones deben ser obtenidos de las climatológicas que dispongan una serie larga de datos. Estos valores pueden ser tabulados de forma diaria, mensual o decadal, dependiendo de la precisión que se requiera y la finalidad. Los valores de precipitaciones se deben obtener de pluviómetros cercanos al área de estudio para asumir los mismos valores en la zona de estudio con los datos de las estaciones. Para realizar el cálculo del balance se utiliza los valores medios de la lluvia o también un umbral determinado de probabilidad de lluvia. Debido que la precipitación es un parámetro que varía mucho, se debe considerar valores probabilístico estimando las condiciones húmedas y secas del área de estudio (Tipantiza, 2020).

2.2.2. Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial es definida por Areche (2019), como la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde la superficie que se encuentra cubierta completamente por vegetación que se halla en óptimas condiciones la cual depende de un gran número de variables climatológicas: la radiación solar, temperatura, humedad, velocidad del viento y

presión atmosférica. Para la metodología de cálculo de Thornthwaite solamente se necesitan datos de temperatura media mensual multianual.

2.2.3. Necesidades hídricas del cultivo o uso de consumo

La necesidad hídrica de cultivo es la cantidad de agua necesaria que se necesita para compensar el déficit de humedad del suelo durante el periodo vegetativo. Se obtiene multiplicando el coeficiente de transpiración del cultivo (kc) con el valor de la Evapotranspiración potencial ETP para los periodos considerados (Tipantiza, 2020).

2.2.4. Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

Castro et al. (2021) define a la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo es un factor muy relevante para definir el grado de utilización de la tierra para campos de la agricultura, de la ganadería y para le consumo humano. Esta es una variable cambiante que permite definir con mayor exactitud la disponibilidad de agua.

5. Método de Thornwaite

Hurtado (2019), menciona que el método de Thornwaite se desarrolla correlacionando datos de evapotranspiración potencia media tomados de evaporímetros ubicados en hoyas hidrológicas con información de temperatura media mensual y longitud del día. El método de Thornwite es empírico y se basa en la temperatura media del aire, es empleado para condiciones de clima húmedo con vegetación abundante, logra excelentes resultados (Cajamarca, 2017).