

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**CUANTIFICACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA EL
PÁRAMO EN EL NORTE DE ECUADOR POR MEDIO DE
MODELOS CLIMÁTICOS E INFORMACIÓN SATELITAL**

**COMPARACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL CON
PRODUCTOS DERIVADOS DEL GLDAS Y NCEP/NCAR
REANALYSIS A MÚLTIPLES ESCALAS TEMPORALES.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR: KAREN DANIELA ROSERO SALCEDO

karenrosero801@gmail.com

DIRECTOR: XAVIER EDUARDO ZAPATA RÍOS

xavier.zapata@epn.edu.ec

QUITO, SEPTIEMBRE 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Karen Daniela Rosero Salcedo declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Karen Daniela Rosero Salcedo

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Karen Daniela Rosero Salcedo, bajo mi supervisión.

Ing. Xavier Eduardo Zapata Ríos, PhD

DIRECTOR

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.

**REVISOR1 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**REVISOR2 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Karen Daniela Rosero Salcedo

Ing. Xavier Eduardo Zapata Ríos, PhD

DEDICATORIA

A Dios, por su amor y bondad. A mi familia por su confianza y apoyo total, sin ustedes no hubiese sido posible este logro, son mi fuerza para seguir adelante. A Cesitar, por todas sus atenciones, preocupación y amor incondicional.

Aunque las circunstancias de la vida no nos permitieron convivir y compartir momentos en familia, quiero que formen parte de este logro mis abuelitos Esperanza Chulde y Lubino Rosero, le agradezco a Dios por haberme permitido conocerles y aún tenerles conmigo.

Sé que no es mucho en comparación a lo ustedes me han dado y enseñado, pero quiero que lleven en su corazón lo poco que puedo ofrecerles, quiero dedicar con mucho cariño a mi mamá Anita y mi abuelita Esperanza Salcedo, gracias por cuidarme y enseñarme el verdadero valor de la vida. Que no me falten.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por demostrarme su infinito amor en momentos de dificultad, por levantarme las veces en las que me sentí derrotada, por las oportunidades que me permitieron crecer y por darme el privilegio de poder compartir este logro con las personas que amo.

A mi mamá Anita, por su amor, esfuerzo y apoyo total durante esta etapa; estoy consciente de su lucha diaria para darnos lo mejor, pero gracias a su constancia hemos logrado este tan anhelado sueño. A mi Esperancita, por ser el pilar de la familia, admiro la fortaleza con la que día a día enfrenta la vida. Gracias a las dos por enseñarme que lo bueno se consigue trabajando honradamente. A mis hermanos Karlita, Jhos, Charlie y Maily; por ser mi motivación e inspiración, saben que siempre podrán contar conmigo.

A mis tíos Juan, Andrea, Tere y Oswaldo; ustedes fueron parte de este logro, sé que sentirán que no fue mucho, pero lo hicieron con amor y eso no tiene precio, sentir su cariño, confianza y apoyo fue mi motivación. Además, a mi tía Andrea, por ser mi amiga y asumir el rol de madre y acompañarme durante este proceso. A mis primas Alejita y Tefy, por su cariño y sus buenos deseos. A mis primitos Leo, Dylan, Michael, Juan, Emy y Vale, por alegrar mis días y ser mi motivación, espero en un futuro ser un apoyo para ustedes.

A Cesar, por brindarme su apoyo sin importar la hora ni la dificultad de la situación, por ser mi compañero en momentos de gozo y aflicción, por enseñarme a ver la vida de una manera distinta, por motivarme a cumplir mis sueños y por ser parte de ellos, por su amor y paciencia; le agradezco a Dios porque llegaste a formar parte de mi vida. A don Vicente, doña Margarita, Dani y Wily por hacerme sentir parte de su familia y apoyarme cuando más necesité.

A Yadi, por brindarme su apoyo y amistad sincera durante estos años, gracias por ser una gran amiga. A Vivi, por sus palabras de motivación. A mis amigos Mishel V, Verito, Glorita, Jeomi y Cris por su amistad y por los gratos momentos compartidos durante este tiempo, me llevo un bonito recuerdo, espero que no falten los reencuentros.

A Darwin C, pese a las circunstancias y nuestras diferencias, estoy muy agradecida por toda su ayuda. A Mayrita B, gracias a su gestión pude vivir una de las experiencias más bonitas que he tenido. A la familia Guerrón Narváez, por su gesto tan noble brindado durante mi última etapa universitaria, estoy segura de que Dios recompensa las acciones que se hacen de corazón.

A la Escuela Politécnica Nacional, a mis profesores, al proyecto PIMI-17-04 que permitió el desarrollo de esta investigación y a mi tutor, Dr. Xavier Zapata por su tiempo, conocimiento y guía para la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUCCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco Teórico.....	3
1.4.1 Páramo.....	3
1.4.2 Clima	3
1.4.3 Suelo	3
1.4.4 Cobertura Vegetal	4
1.4.5 Intervención humana y el cambio climático	4
1.4.6 Ciclo Hidrológico	5
1.4.7 Evapotranspiración	5
1.4.8 Evaporación	5
1.4.9 Transpiración.....	5
1.4.10 Evapotranspiración potencial (ETp).....	6
1.4.11 Evapotranspiración real (ETr).....	6
1.4.12 Evapotranspiración de referencia (ETo)	6
1.4.13 Factores que influyen en la evapotranspiración.....	6

1.4.14	Radiación solar	7
1.4.15	Temperatura	7
1.4.16	Precipitación	7
1.4.17	Productos Satelitales	8
1.4.18	GLDAS.....	8
1.4.19	NCEP/NCAR REANALYSIS	8
1.4.20	EDDY COVARIANCE	8
2	METODOLOGÍA	9
2.1	Área de Estudio.....	9
2.2	Metodología para GLDAS	10
2.3	Metodología para NCEP/NCAR REANALYSIS	11
2.4	Metodología para realizar el análisis de resultados.....	13
3	RESULTADOS, DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..	13
3.1	Resultados	13
3.1.1	Análisis de datos diarios.....	13
3.1.2	Análisis de datos mensuales.....	18
3.1.3	Análisis de datos anuales.....	19
3.1.4	Interpretación de resultados mediante R^2	19
3.1.5	Resultados mediante el valor P estadístico.....	23
3.2	Discusión de Resultados	25
3.3	Conclusiones.....	28
3.4	Recomendaciones.....	29
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
5	ANEXOS.....	35
	ANEXO I	35
	ANEXO II.....	45

ANEXO III 46
ANEXO IV 47

RESUMEN

La evapotranspiración es un proceso en el cual intervienen distintas variables climáticas, por lo que resulta difícil determinarla. Sin embargo, su cuantificación es importante en el campo de la Hidrología, puesto que es aplicable en estudios y proyectos relacionados con el recurso hídrico. A través del proyecto “PIMI-17-04” financiado por la Escuela Politécnica Nacional, se instaló una Torre de Flujo Turbulento “Eddy Covariance” en el páramo del Antisana. Este sistema avanzado permite cuantificar la evapotranspiración de manera directa.

Este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de conocer los valores de evapotranspiración real y precipitación que registró la Torre en los años 2020 y 2021. Al ser valores reales del ecosistema de páramo, se comparó con datos registrados por los productos satelitales GLDAS y NCEP/NCAR REANALYSIS con el fin de determinar la aplicabilidad de estos modelos en el páramo. Además, los resultados de evapotranspiración real se compararon con otros estudios en los que utilizaron la técnica “Eddy Covariance” u otros métodos para cuantificar la ET.

Una vez que se obtuvo los datos de los tres modelos, se utilizó criterios estadísticos para verificar la relación entre TFEC y los productos satelitales. Mediante el análisis se dedujo que los modelos no son aplicables en el páramo puesto que GLDAS y REANALYSIS sobreestimaron la evapotranspiración real con 33% y 175%, respectivamente. Del tratamiento de datos se obtuvo una ET real anual de $528,98 \pm 15$ mm, lo que representó el 62% de los 852,65 mm de precipitación total. Además, se observó que en la zona norte del país la precipitación es menor en comparación con la zona sur en donde se aplica la misma técnica.

Finalmente, se concluye que la técnica “Eddy Covariance” es uno de los mejores sistemas para determinar la evapotranspiración. En cuanto a los productos satelitales, estos no son aplicables en el páramo ya que no consideran las condiciones características de este ecosistema.

Palabras clave: evapotranspiración, Eddy Covariance, páramo, productos satelitales, ciclo hidrológico.

ABSTRACT

Evapotranspiration is a process in which different climatic variables are involved, making it difficult to determine. However, its quantification is important in the field of hydrology, since it is applicable in studies and projects related to water resources. Through project PIMI-17-04, financed by the National Polytechnic School, a Turbulent Flow Tower "Eddy Covariance" was installed in the Antisana paramo. This advanced system allows direct quantification of evapotranspiration.

This research work was carried out with the purpose of knowing the real evapotranspiration and precipitation values recorded by the tower in the years 2020 and 2021. Being real values of the paramo ecosystem, they were compared with data recorded by GLDAS and NCEP/NCAR REANALYSIS satellite products in order to determine the applicability of these models in the paramo. In addition, the actual evapotranspiration results were compared with other studies using the "Eddy Covariance" technique or other methods to quantify ET.

Once the data from the three models were obtained, statistical criteria were used to verify the relationship between TFEC and satellite products. The analysis showed that the models are not applicable in the paramo since GLDAS and REANALYSIS overestimated the real evapotranspiration with 33% and 175%, respectively. From the data treatment, a real annual ET of 528.98 ± 15 mm was obtained, which represented 62% of the 852.65 mm of total precipitation. In addition, it was observed that in the northern zone of the country precipitation is lower compared to the southern zone where the same technique is applied.

Finally, it is concluded that the "Eddy Covariance" technique is one of the best systems for determining evapotranspiration. As for satellite products, they are not applicable in the paramo because they do not consider the characteristic conditions of this ecosystem.

Keywords: evapotranspiration, Eddy Covariance, paramo, satellite products, hydrological cycle.

1 INTRODUCCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La evapotranspiración es el proceso que integra la evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación. Su cuantificación es muy importante para el ciclo hidrológico ya que este proceso permite transferir agua desde la superficie terrestre hacia a la atmósfera (Nolasco et al., 2019). Así mismo, la evapotranspiración es importante para la climatología, hidrología y agronomía ya que permite planificar y gestionar la disponibilidad de recursos hídricos, estimar la producción en una zona determinada, establecer modelos de cambio climático, etc. Por estas razones es necesario cuantificar la cantidad de agua que fluye durante el proceso de evapotranspiración (Rivas, 2004). No obstante, estimar esta variable hidrológica es difícil por medio de métodos indirectos en los que no se requiera equipos especializados. Afortunadamente, existen métodos experimentales como el de Eddy Covariance que permiten calcular esta variable para un lugar específico (Gordillo et al., 2014).

El Ecuador posee ecosistemas importantes como los páramos, los cuales brindan múltiples servicios ambientales (Ayala et al., 2014), entre ellos, la provisión de agua. Los páramos se encargan de suministrar agua a la población, pues la acumulación de agua en estos ecosistemas se debe a ciertas características como: baja evapotranspiración, alta humedad, acumulación de materia orgánica y debido también a la morfología de las plantas (Chuncho & Chuncho, 2019). Con el fin de estudiar la evapotranspiración al sur del Ecuador, la universidad de Cuenca instaló un sistema de monitoreo en uno de los ecosistemas representativos del páramo, el Observatorio Ecohidrológico Zhurucay, ubicado entre los 3500 y 3900 m.s.n.m. (Ochoa et al., 2018). Estos sistemas funcionan mediante la técnica Eddy Covariance, la cual monitorea el intercambio de CO₂, energía y vapor de agua, a escala de ecosistemas (Carrillo, 2019). El método utilizado es eficaz para medir la ET en todo el mundo, pero es costoso y complejo. Por tanto, se utilizan métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración en el Ecuador, métodos que han sido desarrollados en condiciones diferentes a los ecosistemas del Ecuador. Estos métodos empíricos no han sido validados en el país y por tanto se desconoce su precisión para la estimación de la evapotranspiración. Un ejemplo de las diferencias entre los métodos empíricos y las mediciones por el método de Eddy Covariance es el de Carrillo et al (2019) donde se utilizaron modelos hidrológicos como el PDM, HEC – HMS y HBV – light. El resultado obtenido fue una evapotranspiración anual con un sesgo de 7 – 9% en comparación con las mediciones del método Eddy Covariance. Las estimaciones diarias de los modelos hidrológicos tuvieron una buena correlación con Eddy Covariance, con

valores de 0,8 – 0,9. Por lo tanto, la implementación de modelos hidrológicos permitió estimar la ET en la parte sur de los Andes (Ochoa et al., 2018).

Desafortunadamente, en la zona norte de Ecuador no se ha estudiado la ET debido a la poca disponibilidad de datos, variabilidad temporal y espacial de la información meteorológica que influyen en su cálculo (Córdova et al., 2013). Es por eso que para su estudio se ha instalado una torre Eddy Covariance en el páramo del Antisana a través del proyecto “PIMI-17-04” financiado por la Escuela Politécnica Nacional, Este sistema permitirá obtener datos válidos sobre parámetros que ayudarán a entender modelos sobre energía, carbono y agua (Ribadeneira, 2020).

1.1 Objetivo General

Cuantificar la evapotranspiración para el páramo en el norte de Ecuador mediante modelos climáticos e información satelital.

1.2 Objetivos Específicos

1. Cuantificar la evapotranspiración con la información registrada por la Torre de Flujo Turbulento “Eddy Covariance” que está instalada en el área de conservación Antisana.
2. Determinar la evapotranspiración que registran los productos GLDAS y NCEP/NCAR REANALYSIS en el páramo norte de Ecuador.
3. Comparar la evapotranspiración real obtenida de la TFEC con productos derivados del GLDAS y NCEP/ NCAR REANALYSIS a múltiples escalas temporales.

1.3 Alcance

Realizar un análisis comparativo de la evapotranspiración real medida por la Torre de Flujo Turbulento “Eddy Covariance” (TFEC) que se encuentra en el área de conservación Antisana en el páramo norte de Ecuador con las estimaciones de evapotranspiración de productos de modelos climáticos o productos satelitales como GLDAS y NCEP/NCAR REANALYSIS. Las comparaciones se realizarán a múltiples escalas temporales desde días, semanas, meses y años mediante diagramas de manera gráfica.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Páramo

El páramo es un ecosistema neotropical que se encuentra ubicado entre el “límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas”, está formado de “planicies y valles accidentados de origen glacial con una variedad de lagunas, pantanos y praderas húmedas” (Buytaert et al., 2014; León, 2011). Se localiza a lo largo de las cordilleras o picos aislados, en altitudes que comprenden entre los 3.000 y los 5.000 msnm aproximadamente (León, 2011). En nuestro país, los páramos se encuentran distribuidos a lo largo de la cordillera de los Andes (Cuesta et al., 2014), con una altitud promedio de 3.300 msnm, y cubren alrededor del 7% del territorio ecuatoriano (Chuncho & Chuncho, 2019). Los páramos en nuestro país no son homogéneos debido a diversos factores que influyen sobre su vegetación tales como: tipo de suelo, factores meteorológicos como: temperatura del aire, precipitación, evapotranspiración, viento, etc. Esta variabilidad de factores determina una diversidad de microclimas y zonas de vida (Camacho, 2013). Además, los páramos forman parte de una gran biodiversidad a escala de ecosistemas, esto se debe a ciertas características que específicamente en Ecuador se presentan como: “la cordillera de los Andes”; la presencia de una fuente de humedad proveniente de la Amazonía y de varias corrientes marinas cálidas y frías frente a las costas (Mena & Hofstede, 2006).

1.4.2 Clima

El clima de los páramos ecuatorianos generalmente es frío y húmedo, y a diario presenta una temperatura de cambios extremos; por ejemplo, a 3 900 msnm esta varía desde 30 °C hasta temperaturas bajo 0 °C. Además, en la zona norte y central del país el clima permanece húmedo la mayor parte del año, mientras que en el sur, el clima es más seco (León, 2011).

1.4.3 Suelo

Los páramos en el Ecuador suelen dividirse en 2 partes: centro y norte del país, y sur. Pues en la parte centro y norte del país, como consecuencia de la continua actividad volcánica, los suelos están formados por cenizas volcánicas jóvenes, negras y gruesos Chuncho & Chuncho (2019). Los suelos de ceniza volcánica contiene reservas muy grandes de materia orgánica, por esto se consideran como sumideros dióxido de carbono (Tonnejck et al., 2010). Por otra parte, en la parte sur del país, la actividad volcánica es escasa, por lo que predomina suelos volcánicos antiguos (Chuncho & Chuncho 2019). También existe

diferencia entre los suelos que están en “zonas altas” y los que están en “zonas bajas”, así los suelos que se encuentran en zonas altas tienen poco espesor, poseen además muchas rocas y arena y escasa materia orgánica, lo que los hace poco capaces de retener agua (León, 2011).

1.4.4 Cobertura Vegetal

En el páramo se puede encontrar diversas plantas endémicas, las cuales están acondicionadas a las condiciones físico - químicas y climáticas; tales como la radiación ultravioleta intensa, la baja presión atmosférica y viento. La vegetación que predomina es pajonales, rosetas, pequeños arbustos y musgos (Buytaert et al., 2014). El tipo de vegetación depende de la zona en la cual se encuentre. Como plantea León (2011), el páramo se clasifica en 3 zonas: subpáramo, el páramo y el superpáramo. En el subpáramo (2800 – 4000 m.s.n.m) a condiciones naturales se combina árboles de diferentes tamaños (*Oreopanax*, *Gynoxys*, *Buddleja*, *Weinmannia*, *Escallonia*, *Miconia*, *Polylepis* y *Hesperomeles*), con arbustos esparcidos (*Calceolaria*, *Chuquiraga*, *Diplostephium*, *Loricaria*, *Hypericum*, *Bejaria*, *Cavendishia*, *Brachyotum*, *Monnina* y *Rubus*.) entre el pajonal y pequeñas hierbas (*Elaphoglossum*, *Polystichum*, *Hypolepis* y *Thelypteris*). En el páramo (4000 – 4400 m.s.n.m), se encuentra generalmente pajonal de los géneros “*Calamagrostis* y *Festuca*”, aunque también se desarrollan los denominados “frailejones”. En el superpáramo (mayor a 4400 m.s.n.m), predomina el suelo rocoso, grueso y arenoso por lo que sólo se encuentran pequeñas especies de plantas esparcidas en grupos (*Azorella pedunculata*, *Culcitium canescens*, *Xenophyllum rigidum*, etc), varias especies de musgos y líquenes.

1.4.5 Intervención humana y el cambio climático

El páramo es considerado como un ecosistema estratégico, pero a la vez, uno de los más vulnerables y afectados debido a las actividades antropogénicas. Entre las actividades que afectan a estos ecosistemas se menciona: la deforestación, la agricultura, el pastoreo y la quema de vegetación. Sin embargo, el cambio climático es la principal amenaza. Puesto que el incremento de la temperatura en nuestro planeta tendrá efectos radicales en la distribución y en la diversidad de los seres vivos, ya que restringirá los hábitats fríos y húmedos, esto tendrá como consecuencia que las especies se encontrarán en peligro de extinción (Morales & Estévez, 2006).

1.4.6 Ciclo Hidrológico

Describe el proceso que sigue el agua en el planeta, pues este proceso se realiza de manera cíclica. Tomando como punto de partida el proceso de evaporación, se tiene que, debido a la radiación solar, el agua se evapora desde los cuerpos de agua como mares y océanos, y se incorpora en la atmósfera como vapor de agua. Por otro lado, las condiciones atmosféricas permiten que el vapor de agua se enfríe y se condense quedando en forma de nubes. Una vez que las nubes alcanzan el punto de saturación, se produce la precipitación, la cual llega a la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo. Luego, la fuerza de gravedad permite que el agua precipitada llegue a los ríos, al subsuelo y a los océanos. El agua precipitada llega a los ríos mediante la escorrentía superficial, al subsuelo mediante la infiltración, y a los océanos mediante el flujo subterráneo; en este último es en donde vuelve a comenzar el ciclo (Llambí et al., 2012).

1.4.7 Evapotranspiración

La Evapotranspiración (ET) está compuesta por las pérdidas totales, tanto de la evaporación de la superficie del suelo y del agua, y la transpiración de las plantas (Ordoñez, 2011).

1.4.8 Evaporación

Es el proceso en el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua, y para realizar este cambio de moléculas de agua a vapor de agua se requiere energía proveniente de la radiación solar directa. Además, la evaporación desde un suelo desnudo depende del poder de evaporación de la atmósfera, el tipo de suelo y el grado de humedad. En este proceso influyen ciertos factores como la radiación solar, la temperatura, humedad, presión atmosférica y viento (Ordoñez, 2011).

1.4.9 Transpiración

Se basa en la “vaporización del agua líquida” que contienen las plantas, y el vapor que se remueve hacia la atmósfera. La pérdida del agua en la cobertura vegetal se da a través de las estomas (poros del tejido epidérmico) de las plantas. “La transpiración depende de la energía radiante, gradiente de presión de vapor y viento, radiación, temperatura del aire, humedad del aire y viento”. También está influenciada por las características de la vegetación, aspecto del ambiente y prácticas de cultivo (Ordoñez, 2011). Existen tres

maneras de definir a la evapotranspiración, estas son: evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y evapotranspiración de referencia.

1.4.10 Evapotranspiración potencial (ETp)

Este término se define como “cantidad idealizada de agua evaporada por unidad de área, por unidad de tiempo de una extensa superficie de agua libre bajo las condiciones atmosféricas existentes” (Yates & Strzpek, 1994). Es necesario introducir este término ya que la cuantificación de lo que se entiende como evapotranspiración es difícil debido a la falta de estaciones que permitan medir este parámetro. Esta variable se determina mediante fórmulas empíricas (Ordoñez, 2011).

1.4.11 Evapotranspiración real (ETr)

De acuerdo con (Ordoñez, 2011), esta evaporación depende de la cantidad de humedad que está presente en el suelo, puesto que a medida que el suelo se seca, la evaporación queda por debajo del nivel que generalmente contiene un suelo húmedo. Esta variable se determina al multiplicar la ETp por un coeficiente K, cuyo valor está comprendido entre 0.10 y 0.90, este se aproxima a 1 cuando la planta se encuentra en su máximo desarrollo (Ordoñez, 2011).

1.4.12 Evapotranspiración de referencia (ETo)

“Es la pérdida de agua por evaporación y transpiración de un cultivo” tomando como referencia gramíneas o pastos. Este tipo de vegetación presenta una altura entre 8 - 15 cm, dan sombra al suelo y mantienen la humedad dependiendo de las condiciones climáticas. Para su determinación se utiliza ecuaciones, entre las más mencionadas son las de: Penman, Penman-Montheith, Hargraves y Blaney-Cridle (Ordoñez, 2011).

1.4.13 Factores que influyen en la evapotranspiración

Entre los principales factores climáticos que influyen en la evapotranspiración están: la temperatura del aire, radiación solar, humedad, altitud, presión atmosférica, viento. No obstante, en este proceso, además de los factores antes descritos, también intervienen los factores del suelo y vegetación. Pues la densidad, el tipo, color y estado de crecimiento de la planta influyen la capacidad reflectiva y por ende la incidencia de la radiación solar. Así mismo, el estado de crecimiento, la densidad y las formas de las plantas tienen efecto en la turbulencia del aire y el intercambio de agua entre la superficie y la atmósfera. Además,

la luz y el viento influyen en la apertura y cierre de las estomas de las plantas, de esta manera afecta en la transmisión del agua desde las raíces hasta las hojas. (Hämmerly, 2001)

Así mismo, la evapotranspiración es un proceso de gran interés en el ciclo hidrológico y se constituye como un elemento indispensable en el manejo de los recursos hídricos (Gordillo et al., 2014). Se considera que los páramos son ecosistemas que proveen múltiples servicios ecosistémicos ya que permiten almacenar recursos hídricos de calidad y a la vez actúan como sumideros de carbono (Chuncho & Chuncho, 2019). Es por esto que es substancial que se realicen investigaciones sobre la evapotranspiración en los páramos debido a que su suelo presentan características diferentes en comparación con otros ecosistemas, esto se debe a los altos contenidos de materia orgánica. (Llambí et al., 2012)

Las variables que presentan características específicas en los páramos son la radiación solar, temperatura y precipitación.

1.4.14 Radiación solar

En las zonas altoandinas existe una menor capa atmosférica, es por eso que la cantidad de radiación que llega a la superficie por metro cuadrado, es mayor en esta zona, que en las zonas costeras. Además, los páramos se encuentran cerca de la línea ecuatorial, y por esto la radiación solar incidente, es mayor que en otras zonas montañosas (Llambí et al., 2012).

1.4.15 Temperatura

Aunque existe mayor incidencia de radiación solar en las zonas altas, por el contrario, la temperatura es baja. Esto se debe a que sólo una fracción de la radiación es absorbida por la atmósfera, y la mayor parte impacta con la superficie terrestre.

1.4.16 Precipitación

La precipitación en el páramo varía de moderada a alta, es de frecuencia alta y de intensidad baja (Chuncho & Chuncho, 2019). En el páramo, la lluvia cae de forma suave durante períodos de tiempo prolongados y con poca frecuencia en forma de tormentas cortas de alta intensidad (Llambí et al., 2012).

1.4.17 Productos Satelitales

Los modelos de sistema terrestre representan matemáticamente los procesos físicos, químicos y biológicos que describen las componentes del sistema terrestre (atmósfera, hidrósfera, criósfera y biósfera) y las interacciones entre ellas (Kay, 2013). Además, las imágenes satelitales proporcionan información de la superficie terrestre y de la atmósfera, de un seguimiento global, regional y local de los cambios espacio temporales (Cárdenas, 2021).

1.4.18 GLDAS

Global Land Data Assimilation System (GLDAS) es utilizado para realizar modelos de predicción meteorológica y climática, por lo que promueve estudios y aplicaciones hidrometeorológicos. Este sistema permite extraer productos de datos de observaciones satelitales y terrestres, empleando técnicas avanzadas de modelado de la superficie terrestre y técnicas de asimilación de datos, con el fin de “generar campos óptimos de estados y flujos de la superficie terrestre”. Además, se ejecuta globalmente a alta resolución 0.25° con un conjunto de datos de vegetación global de 1 km y produce resultados en tiempo casi real (Rodell et al., 2004).

1.4.19 NCEP/NCAR REANALYSIS

Reanalysis NCEP/NCAR se puede definir como uno de los modelos numéricos más usados para realizar estudios sobre parámetros climáticos. Este modelo proporciona datos a escala espacial regional y mundial (Luján et al., 2016)

1.4.20 EDDY COVARIANCE

Eddy Covariance es un método que permite medir los flujos de gases, vapor de agua y transferencia de energía. Este método se basa en mediciones directas y muy rápidas del transporte de gas real por velocidad del viento 3D en tiempo real *in situ*, esto resulta en cálculos de flujos turbulentos dentro de la capa límite atmosférica. Este método puede emplearse en estudios de micrometeorología, ecología, hidrología, etc., puesto que los instrumentos y el software avanzados hacen que esté fácilmente disponible (Burba & Anderson, 2010). El sistema de Flujo Turbulento Eddy Covariance (TFEC) está compuesto por un medidor de vapor de agua de la atmósfera, concentraciones de carbono, anemómetro, radiómetro, pluviómetro, medidores de humedad del suelo, placas de calor del suelo, paneles solares, baterías y datalogger.

2 METODOLOGÍA

2.1 Área de Estudio

La Reserva Ecológica Antisana se encuentra localizada en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, a una distancia de 50 Km al sureste de Quito, comprende las provincias de Pichincha y Napo. En esta reserva se encuentra el volcán Antisana con una altura de 5758 m.s.n.m., es un volcán activo y uno de los más grandes y altos del país. Por su ubicación y las características del suelo y clima, es una reserva rica en recursos hídricos, los cuales permiten el suministro de agua al Distrito Metropolitano de Quito. La temperatura depende de la altitud y varía entre 3 °C a 17 °C (Rivera, 2007).

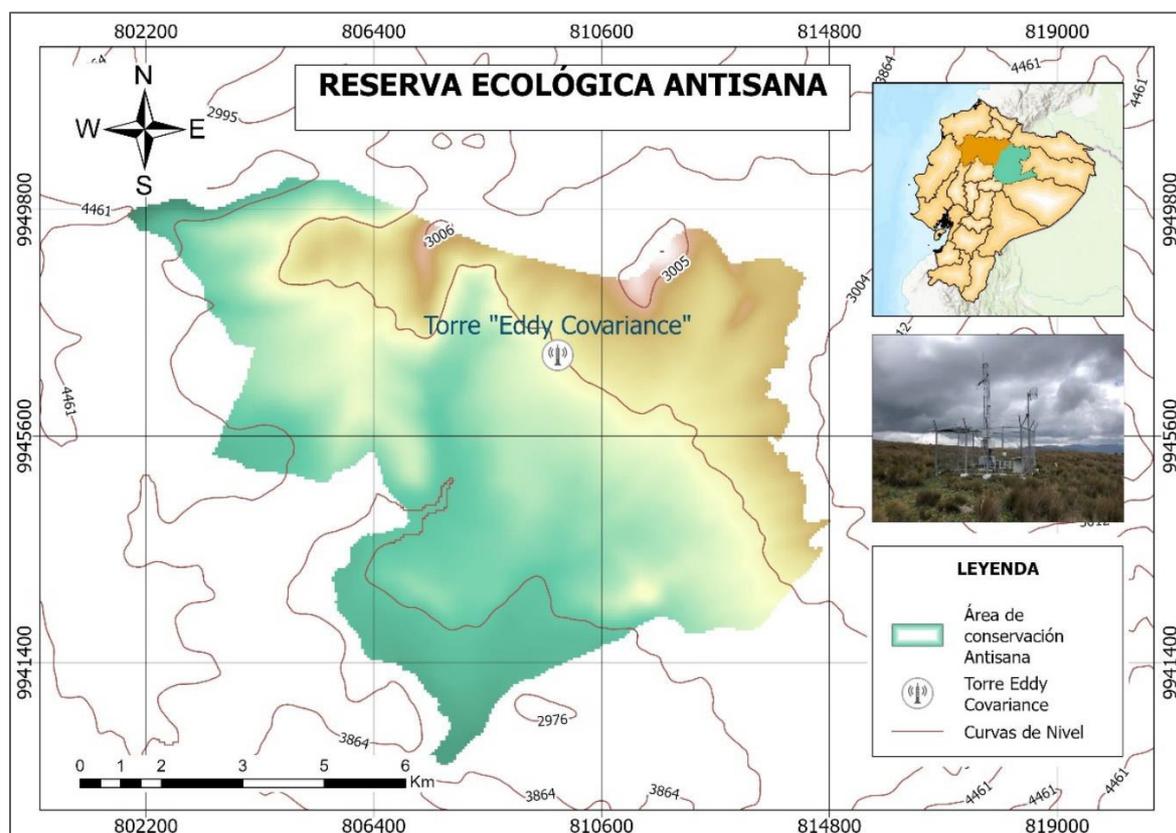


Figura 1. Ubicación de la Torre de Flujo Turbulento Eddy Covariance

En el año 2019, se instaló un sistema de Flujos Turbulentos “Eddy Covariance” (TFEC) adentro del Área de Conservación Hídrica “Antisana” como se observa en la **Figura 1**. La torre está ubicada a 0.478° S y 78.217° W, a aproximadamente 4250 m.s.n.m. Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó los datos diarios de evapotranspiración descargados desde el sistema de TFEC, los datos comprenden el período desde el 1 de

diciembre del 2019 hasta el 19 de febrero del 2022, sin embargo, para el análisis se utilizó los datos completos de los años 2020 y 2021, los datos de precipitación y evapotranspiración se pueden observar en el **Anexo I**.

2.2 Metodología para GLDAS

Para obtener el conjunto de datos de la evapotranspiración desde el producto satelital GLDAS, se debe acceder al sitio web de la NASA denominado Goddard Earth Sciences Data and Information Services (GES DISC). Una vez que se ingresa a la página web es necesario registrar los datos personales para poder descargar la información. Luego aparecerá la colección de datos que proporciona GLDAS, para este caso se seleccionó los datos del modelo Noah Land Surface de la última versión que es 2.1, con una resolución espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ y espacio temporal de 3 horas (GLDAS_NOAH025_3H 2.1) y mensual (GLDAS_NOAH025_M 2.1).

A continuación, se debe elegir las opciones de descarga, para empezar, se optó por el método de descarga por subconjuntos de archivos, cuya opción permite seleccionar el rango de fechas, la región, la variable y el formato de archivo de interés.

En cuanto al período, se descargó datos a partir del 1 de diciembre del 2019 hasta el 28 de febrero del 2022, para lo cual, el modelo Noah Land Surface presentó los datos completos en este rango de fechas. En cuanto a la región, se seleccionó un área de 75 km x 75 km que corresponde a 9 celdas, esta zona abarca el punto en donde está instalada la TFEC, las coordenadas geográficas correspondientes a la zona fueron 78.5 W , 0.75 S y 77.75 W , 0 N . Respecto a la variable, se seleccionó Evap_tvag que representa la evapotranspiración real en $[\text{kg}/\text{m}^2\text{s}]$. Para finalizar la descarga, el formato de salida por el cual se optó fue NetCDF.

Al aceptar las opciones de descarga, GES DISC presenta la lista de enlaces a descargar. Siendo así, de los datos que se han registrado cada 3 horas se obtuvo un total de 6568 archivos, mientras que para los datos mensuales se obtuvo un total de 27 archivos en el período de tiempo seleccionado. Para observar el valor de la ET de cada uno de los archivos, se utilizó el programa ArcGIS Pro, puesto que la herramienta Make NetCDF Raster Layer permite abrir archivos con el formato NetCDF. De cada archivo se registró el valor de ET en el punto de ubicación de la TFEC. En la **Figura 2** se representa el área y la ubicación que comprende la celda o píxel considerado para la obtención del valor de la evapotranspiración de GLDAS, como se puede notar, la celda abarca la zona de influencia de la TFEC.

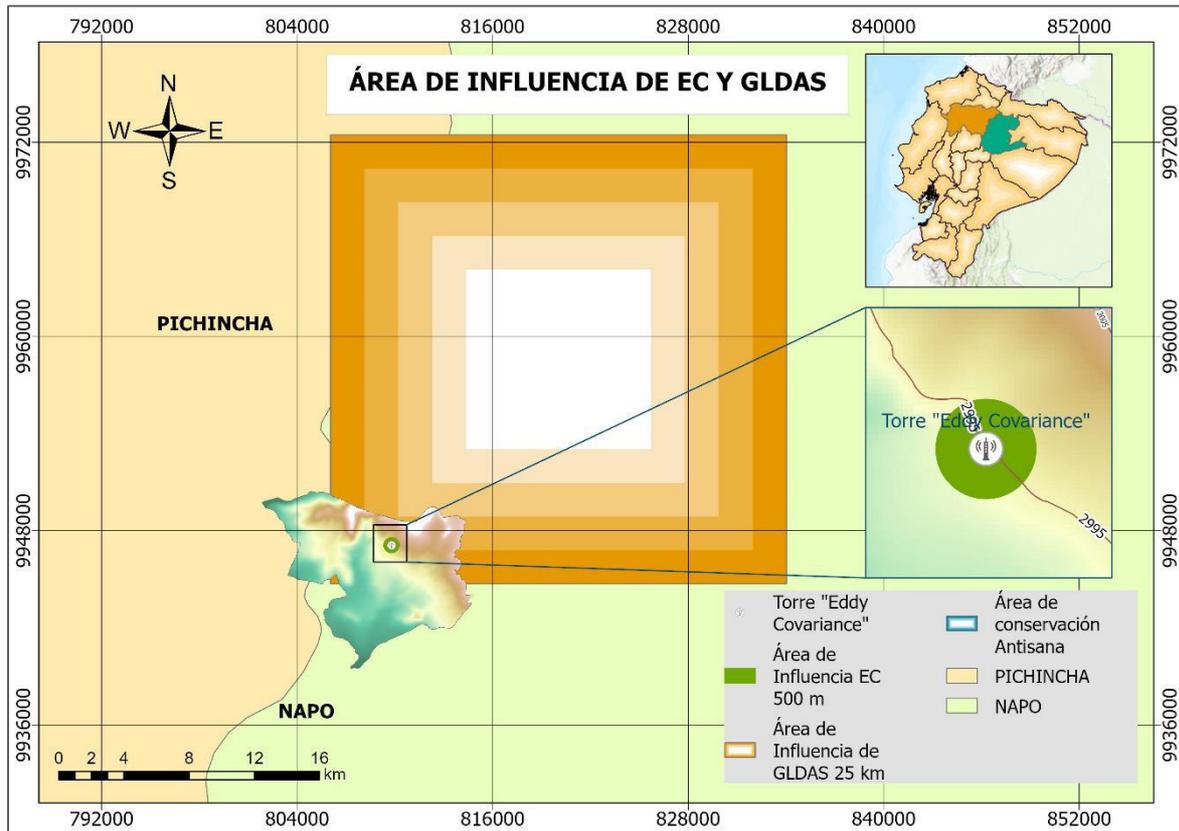


Figura 2. Área de Influencia de la Torre EC y GLDAS para la obtención del valor de evapotranspiración

2.3 Metodología para NCEP/NCAR REANALYSIS

Para obtener los datos de NCEP/NCAR Reanalysis se debe acceder a la página web Physical Sciences Laboratory de la NOAA. Dentro de esta página se presenta siete secciones en las cuales están distribuidos los datos, para este caso se seleccionó la sección de Flujos Superficiales puesto que en esta se encuentra la variable Tasa de evaporación potencial en unidades de $[W/m^2]$.

Este producto satelital permite descargar datos diarios y datos que se registran 4 veces al día, para este trabajo se tomó en cuenta sólo los datos diarios. Luego de escoger la variable y el tipo de datos de interés se debe definir las dimensiones del eje, entonces se consideró la ubicación de la TFEC y se tomó las siguientes coordenadas 85 W, 5 S y 77.5 W, 5 N. A continuación, se identifica el rango de fechas del cual se requiere la información, así mismo, se descargó los datos desde el 1 de diciembre del 2019 hasta el 19 de febrero del 2022. Para finalizar, se escoge la opción "crear una trama" como opción de salida. El formato de

los archivos que genera este producto es en NetCDF, una vez que se establece el rango de fechas, el producto genera un solo archivo.

Para conseguir los valores de la tasa de evaporación potencial se utilizó el programa ArcGIS Pro que permite abrir datos ráster multidimensionales mediante la herramienta "Multidimensional Raster Layers". Luego, mediante la opción de "extraer datos en Excel", se obtuvo la lista de datos diarios de la tasa de evaporación potencial con su respectiva fecha. Debido a que la variable que presenta el producto está en unidades de $[W/m^2]$ se realizó una conversión para poder comparar con las unidades que registra el sistema de TFEC. Para esto, primero se hizo una conversión de W/m^2 a MJ/m^2 día. Luego, de acuerdo con la Allen et al (2006), considerando una temperatura de $20^\circ C$ y una densidad del agua de $1\ 000\ kg/m^3$ se tiene un factor de conversión de 0,408, es decir que, $1\ MJ/m^2$ día de agua equivale a 0.408 mm/día de agua.

En la **Figura 3**, se indica el área y la ubicación que comprende la celda o píxel que se consideró para la sustracción del valor de la evaporación de NCEP/NCAR/REANALYSIS. Como se observa, la celda que se seleccionó comprende la zona de influencia de la TFEC y es notorio que es bastante extensa, es decir, que el valor de evaporación en una fecha específica será el mismo en diferentes provincias del país.

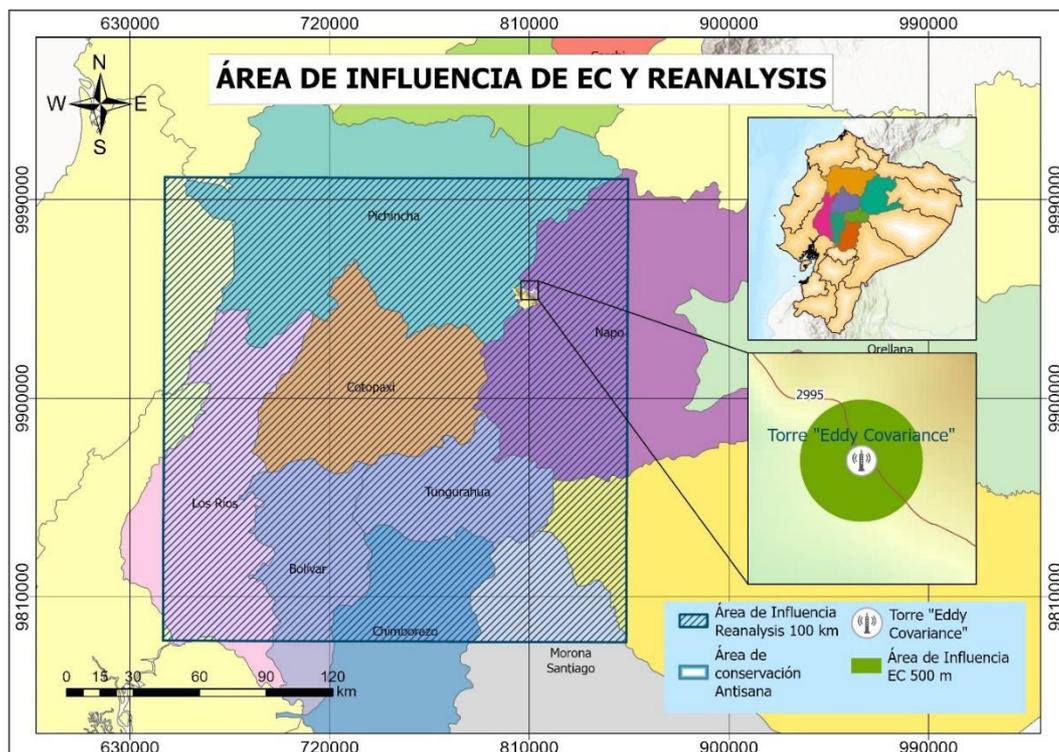


Figura 3. Área de Influencia de la Torre EC y NCEP/NCAR REANALYSIS para la obtención del valor de evapotranspiración

2.4 Metodología para realizar el análisis de resultados

De acuerdo con Ladislao & Ríos (2018), el valor p es un criterio para definir la falsedad de la hipótesis nula, y que cuanto más pequeño sea su valor, este tiene una probabilidad de que la hipótesis nula sea verdadera. Para realizar el análisis estadístico que permite valorar la diferencia significativa que tienen los modelos estudiados, se utilizó el software SPSS. En primer lugar, se analizó si las variables cumplen el principio de normalidad y la homogeneidad entre varianzas. Para saber si cumple con el principio de normalidad se observó los gráficos y se analizó los parámetros estadísticos como desviación estándar, curtosis y asimetría, mientras que para saber si cumple con la homogeneidad de varianzas se analizó el diagrama de cajas y bigotes y se utilizó la prueba de Levene. Al no cumplir estos dos factores, se consideró que las variables son no paramétricas, por lo tanto, se optó por la prueba del coeficiente de correlación de Spearman para determinar si la diferencia entre los modelos es significativa. Para el análisis se consideró un porcentaje de error de 5%, es decir, un nivel de confianza del 95%.

3 RESULTADOS, DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

Para realizar la comparación de los datos de evapotranspiración real obtenidos desde la Torre de Flujo Turbulento “Eddy Covariance” (TFEC) y los productos satelitales GLDAS y NCEP/NCAR REANALYSIS se integró la información en períodos de tiempo. Se analizaron los resultados diarios, mensuales y anuales de manera gráfica. Además, se evaluó la correlación existente entre los modelos con la interpretación del coeficiente de determinación y su diferencia significativa mediante el análisis del p valor estadístico.

3.1.1 Análisis de datos diarios

En cuanto a los datos diarios de los modelos, NCEP/NCAR REANALYSIS si registró valores diarios; GLDAS los registró cada 3 horas, por lo que se realizó una integración de ocho datos para obtener la evapotranspiración diaria; y la información de la evapotranspiración registrada por el sistema de TFEC fue cada 30 minutos, así mismo se integró los 24 datos correspondientes al valor diario.

En la **Figura 4** se representa la variabilidad de la precipitación en el páramo del Antisana correspondiente al año 2020. Se observa que existen picos elevados los cuales se

interpretan como los días más lluviosos, la línea de color rojo muestra el valor máximo de precipitación, que fue de 23,5 mm/día correspondiente al 20 de noviembre.

En la **Figura 5** se presenta los valores de precipitación en la misma zona, para el año 2021. En la variabilidad de la precipitación durante ese año, se puede notar un valor atípico, puesto que para este año el valor máximo diario fue de 42,9 mm/día que corresponde al 6 de septiembre.

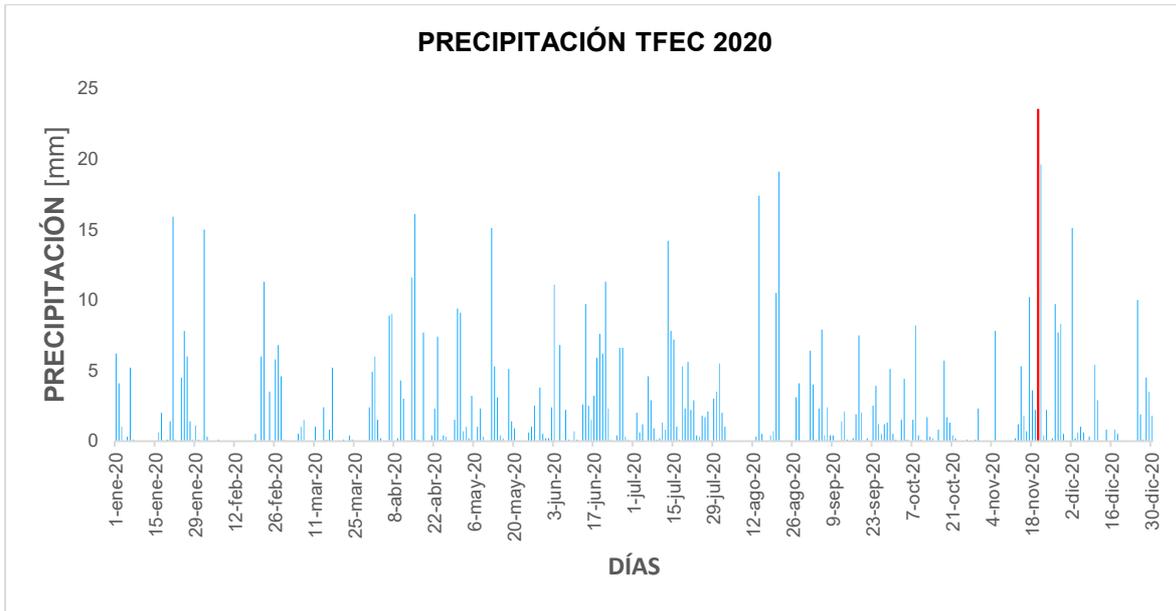


Figura 4. Precipitación registrada por la TFEC en el páramo del Antisana en el año 2020

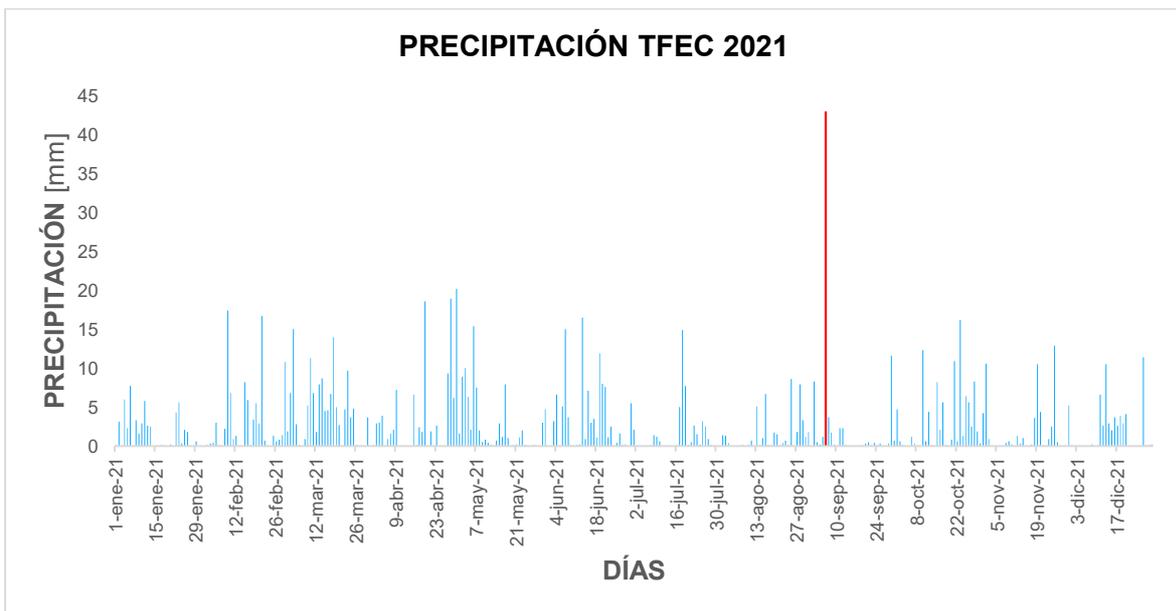


Figura 5. Precipitación registrada por la TFEC en el páramo del Antisana en el año 2021

Por otro lado, en las **Figuras 6 y 7** se observa la variación diaria de la evapotranspiración real de los productos satelitales NCEP/NCAR REANALYSIS y GLDAS y de los datos obtenidos de la TFEC para los años 2020 y 2021, respectivamente.

En la **Figura 6** se observa las series temporales que representan la ET real de los modelos en el año 2020. La serie de color rojo que simboliza la ET real del sistema TFEC indica una variación entre 0,10 a 3,65 mm/día durante ese año. Respecto a la serie de color azul que representa a GLDAS, se nota que sus valores están próximos a los obtenidos por EC, alcanzó valores entre 0,38 a 5,29 mm/día, sin embargo, la secuencia entre estos dos modelos es dispareja.

En cuanto a la serie de color anaranjado que representa a REANALYSIS se observó un cambio brusco a partir del mes de julio, se registró valores entre 0,74 a 10,36 mm/día. Además, es notorio que esta serie es mucho más elevada que la obtenida por GLDAS y la TFEC, esta gran diferencia puede estar relacionada con la resolución espacial del modelo. Como se observó en la **Figura 3**, el píxel rodea una gran extensión en la que comprende a varias provincias, lo que significa que la evapotranspiración fue la misma en diferentes regiones y en distintos tipos de uso suelo, lo cual es ilógico puesto que la evapotranspiración es una variable que depende del tipo de vegetación.

En la **Figura 7** se observa las series temporales que representan la ET real de los modelos para el año 2021. Así mismo, la serie de color rojo representa la ET real del sistema TFEC, se indica una variación entre 0,01 a 3,29 mm/día durante ese año. En cuanto a GLDAS representado por el color azul, obtuvo los mismos resultados, una serie con valores aproximados a los de EC, pero una secuencia desigual, su rango de evapotranspiración fue entre 0,3 a 3,86 mm/día. De igual manera, REANALYSIS tiene el mismo comportamiento, es decir, los valores aumenten súbitamente a partir del mes de julio, registrando valores entre 1,48 a 10,38 mm/día, se asume que sucede por la misma razón descrita anteriormente.

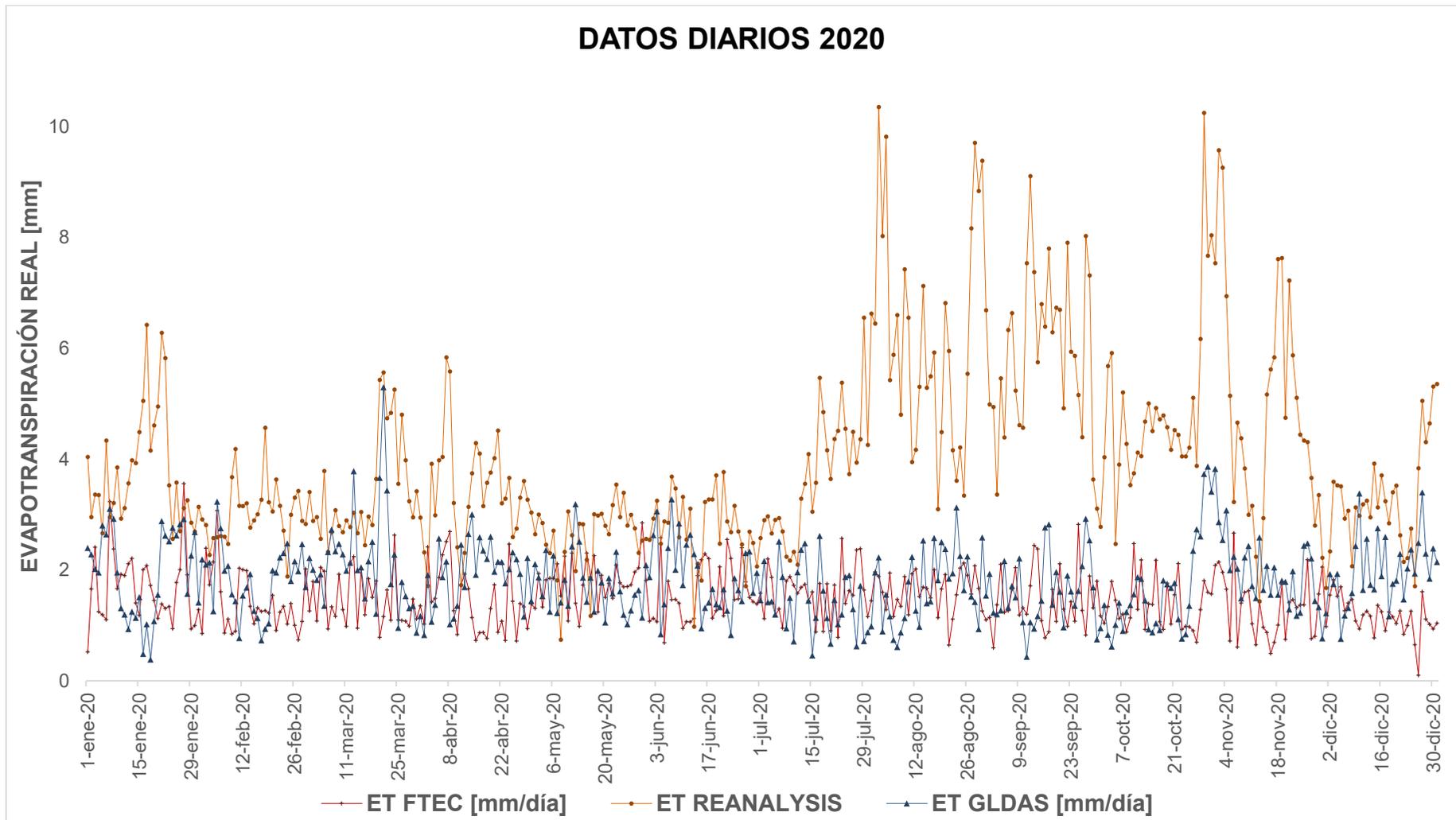


Figura 6. Variación diaria de la evapotranspiración real en el 2020. La línea roja (+) representa la ET real de la TFEC, la azul (Δ) corresponde a la ET real de GLDAS y la anaranjada (●) representa la ET real de NCEP/NCAR REANALYSIS

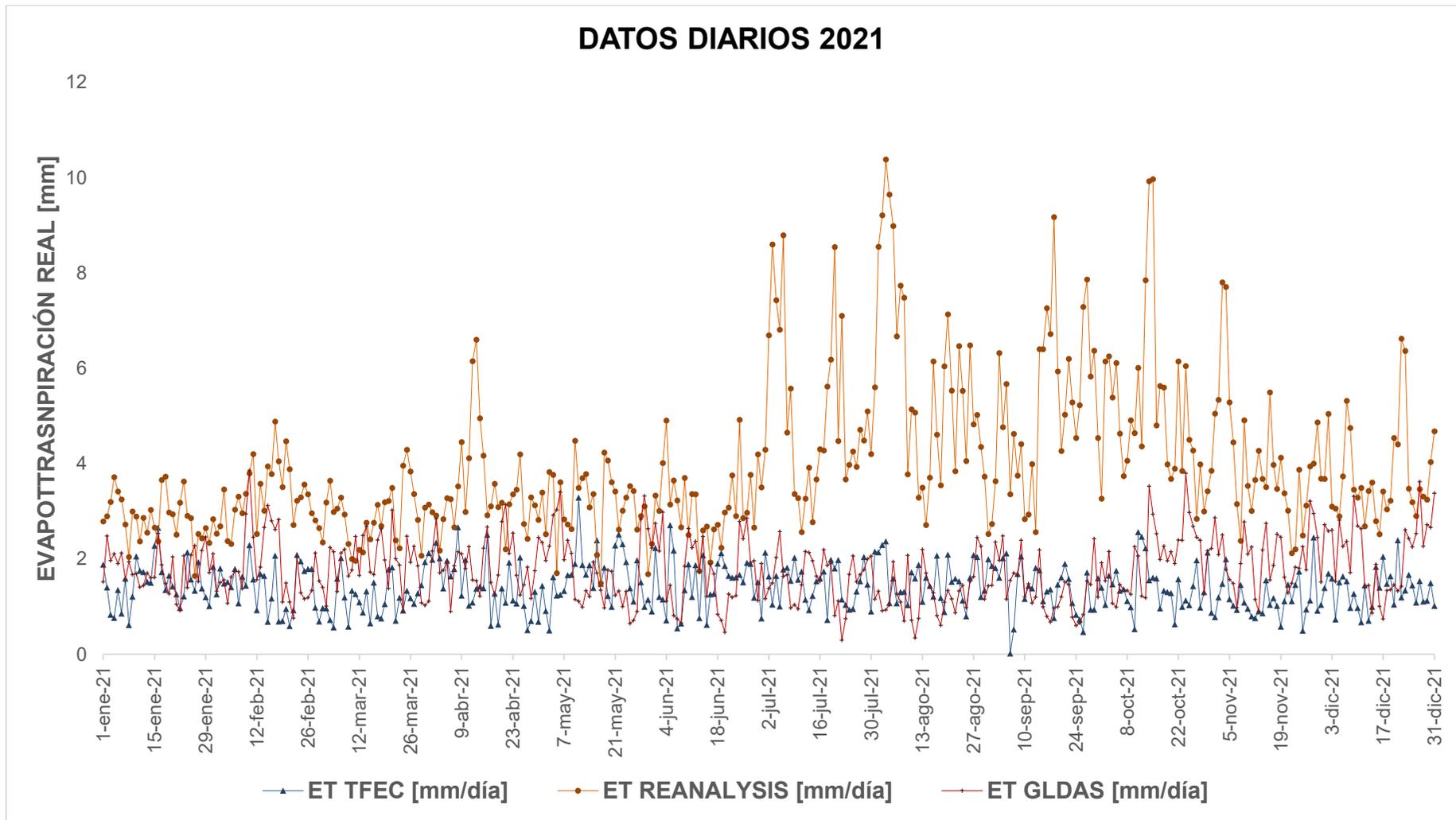


Figura 7. Variación diaria de la evapotranspiración real en el 2020. La línea roja (+) representa la ET real de la TREC, la azul (Δ) corresponde a la ET real de GLDAS y la anaranjada (\bullet) representa la ET real de NCEP/NCAR REANALYSIS

3.1.2 Análisis de datos mensuales

En cuanto a los resultados mensuales, tanto GLDAS como NCEP/NCAR REANALYSIS permiten descargar directamente los datos en este espacio temporal. En la **Figura 8** se incorporan los resultados mensuales obtenidos de precipitación y de la evapotranspiración real. Por lo que concierne a la precipitación, se observa que los meses más lluviosos para el año 2020 son abril, junio, julio y noviembre, siendo este último el mes que registra el valor más alto de 105,10 mm/mes. Para el año 2021 se tiene que los meses con más presencia de lluvia fueron marzo, abril, junio y octubre, con una mayor precipitación en el mes de marzo con un valor de 144,2 mm/mes.

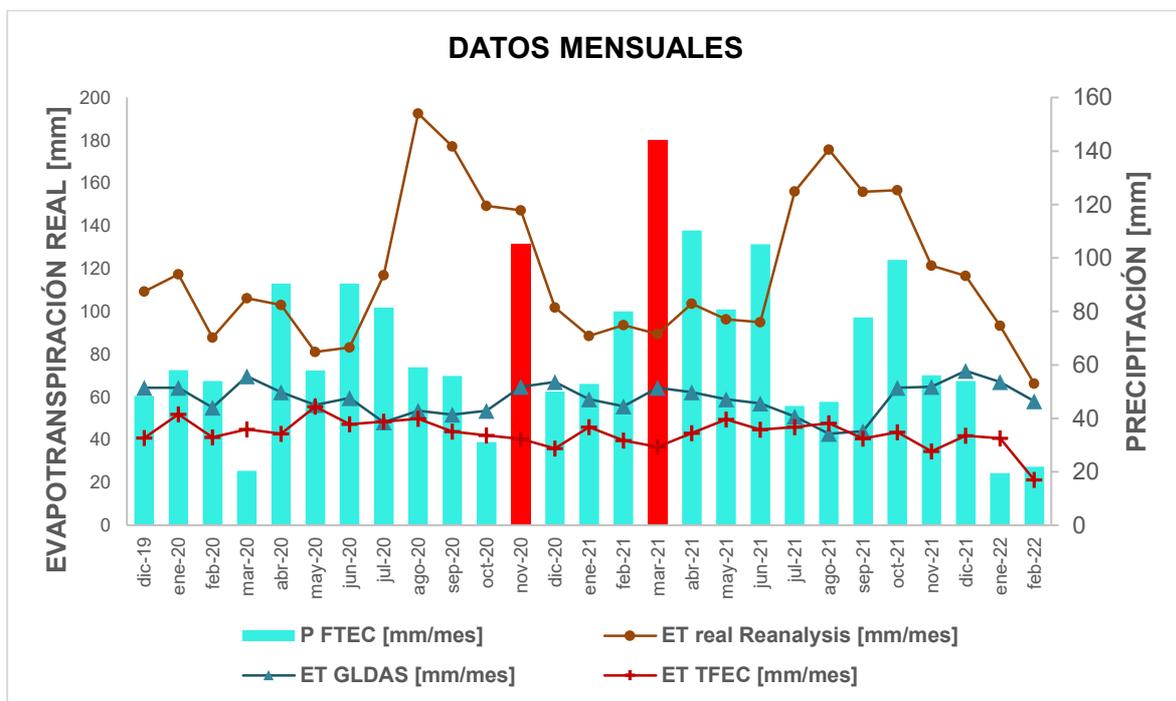


Figura 8. Representación de la ET_{real} mensual para los tres modelos

Respecto a la evapotranspiración real, en la serie temporal mensual se puede distinguir de mejor manera la gran diferencia entre los valores del producto REANALYSIS y la TFEC, desde ya se puede deducir la mala predicción del modelo, puesto que los valores de ET real supera a los valores de precipitación. Para la TFEC se registra una ET real máxima de 55,43 mm/mes y para REANALYSIS se tiene una máxima de 192,59 mm/mes. Por otro lado, al observar las series temporales de GLDAS y la de la TFEC, se aprecian puntos en los que la evapotranspiración real coincide o se acerca en magnitud; sin embargo, no siguen la misma secuencia en el tiempo. Para GLDAS se tiene una ET real máxima de 72,32 mm/mes, un valor mucho más cercano al de TFEC, esto representa un 30% de error o sobreestimación del modelo.

3.1.3 Análisis de datos anuales

En la **Tabla 1** se registran los resultados de precipitación y evapotranspiración real de cada modelo estudiado para los años 2020 y 2021. Para el período de estudio el modelo de referencia que es la TFEC presentó una precipitación anual de 852,65 mm y una ET real de 528,98 mm, lo que representa el 62% de la precipitación, es decir que en el páramo ese es el porcentaje de agua que retorna hacia la atmósfera. Por otro lado, la ET real anual registrada por NCEP/NCAR REANALYSIS es de 1456,51 mm, un valor que está por encima del valor real, el modelo tiene un porcentaje de error aproximado de 175% y para GLDAS se obtuvo una ET real de 701,14 mm que, en comparación con los datos de la torre, este presenta un error porcentual aproximado del 33%.

Tabla 1. Resultados de la Evapotranspiración real para los años 2020 y 2021

Período	Torre "Eddy Covariance"	REANALYSIS	GLDAS
	P[mm/año]	ET _{real} [mm/año]	ET _{real} [mm/año]
Año 2020	753,9	544,1	1464,0
Año 2021	951,4	513,9	1449,0
Promedio	852,7	529,0	1456,5
Error porcentual %	-	-	175,3

3.1.4 Interpretación de resultados mediante R²

Una manera de interpretar y relacionar los resultados obtenidos entre los modelos utilizados es a partir de gráficos de dispersión. En la **Figura 9** se observa un gráfico en el cual se relaciona los datos diarios entre la TFEC y del producto satelital REANALYSIS correspondientes al año 2020, en donde el coeficiente de determinación fue de 0,000003. En la **Figura 10** se expresa la correlación de los mismos modelos para el año 2021, en donde el coeficiente de determinación es de 0,0067. Los valores del coeficiente de correlación obtenidos tienden a cero, por lo que este valor se interpreta como una correlación nula. Esto significa que REANALYSIS y los valores del sistema TFEC no coinciden en su variabilidad temporal.

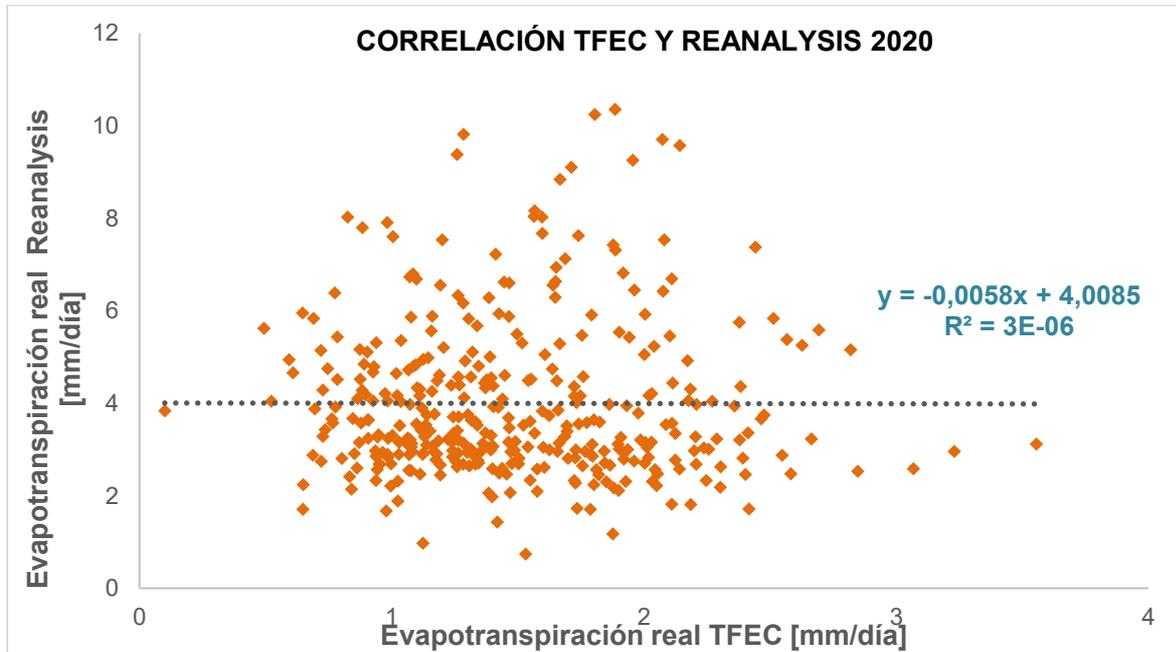


Figura 9. Correlación entre TFEC y NCEP/NCAR REANALYSIS para el 2020

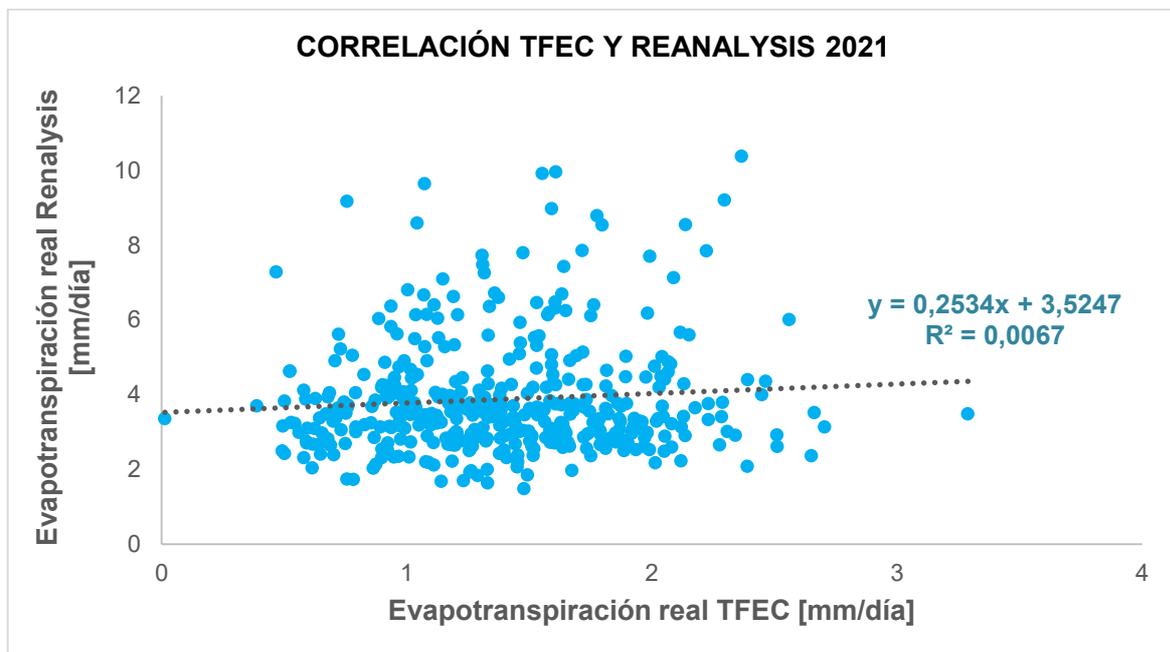


Figura 10. Correlación entre TFEC y NCEP/NCAR REANALYSIS para el 2021

En la **Figura 11** se observa un gráfico en el cual se relaciona los datos diarios entre la TFEC y del producto satelital GLDAS correspondientes al año 2020, en donde el coeficiente de determinación es de 0,0099. En la **Figura 12** se expresa la correlación de los mismos modelos para el año 2021, en donde el coeficiente de determinación es de 0,0026. Aunque estos coeficientes son mucho mayores a los que se obtuvieron con el modelo REANALYSIS, para el rango de interpretación del coeficiente de determinación se

considera que los valores tienden a cero, por lo que este valor se interpreta como una correlación nula. Esto es evidente puesto que en ambas figuras los puntos se encuentran bastante alejados de la línea de referencia. De igual manera, estos resultados significan que GLDAS y los valores del sistema TFEC no coinciden en su variabilidad temporal.

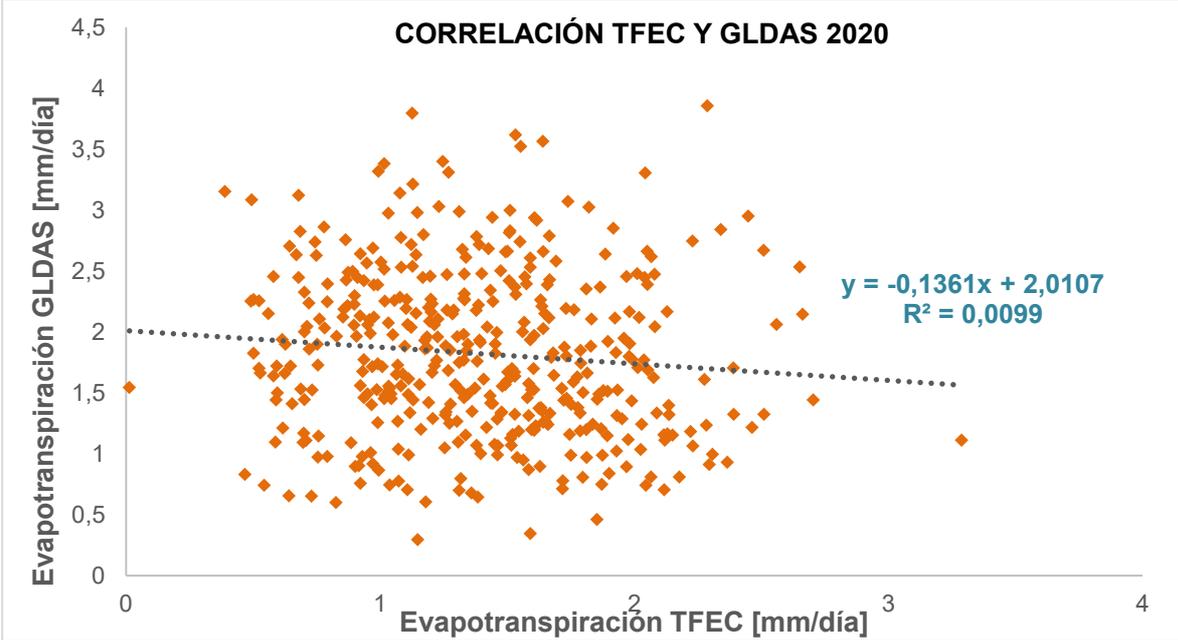


Figura 11. Correlación entre TFEC y GLDAS para el 2020

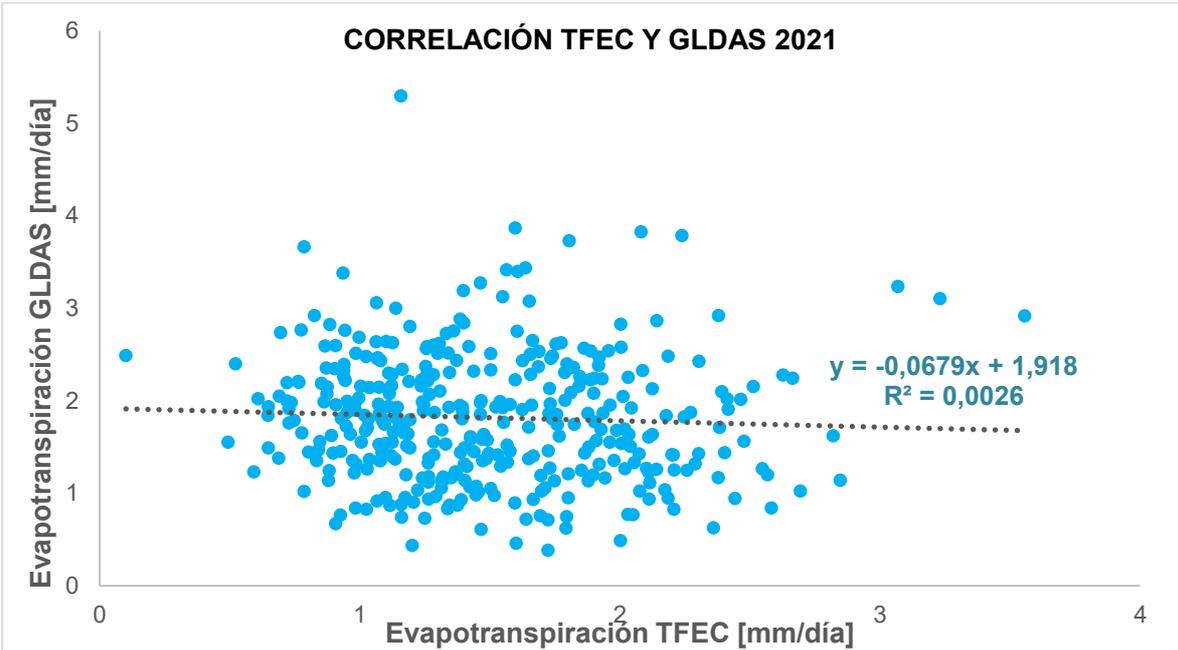


Figura 12. Correlación entre TFEC y GLDAS para el 2021

Así mismo, se realizó gráficos de dispersión para los datos mensuales, en donde se observó que los coeficientes de determinación son mayores a los que se obtuvieron para los datos diarios. Al comparar entre los modelos, NCEP/NCAR REANALYSIS presentó un coeficiente de determinación mayor al de GLDAS. En la **Figura 13** se expresa la relación que existe entre la TFEC y el modelo NCEP/NCAR REANALYSIS, con un coeficiente de 0,0662 y en la **Figura 14** se expresa la relación entre TFEC y GLDAS cuyo coeficiente fue de 0,0529. No obstante, estos coeficientes tienden a 0,1; cuyo valor se interpreta como una correlación positiva muy baja. De esto se puede resaltar que la correlación de los modelos es diferente dependiendo del espacio temporal que se analice.

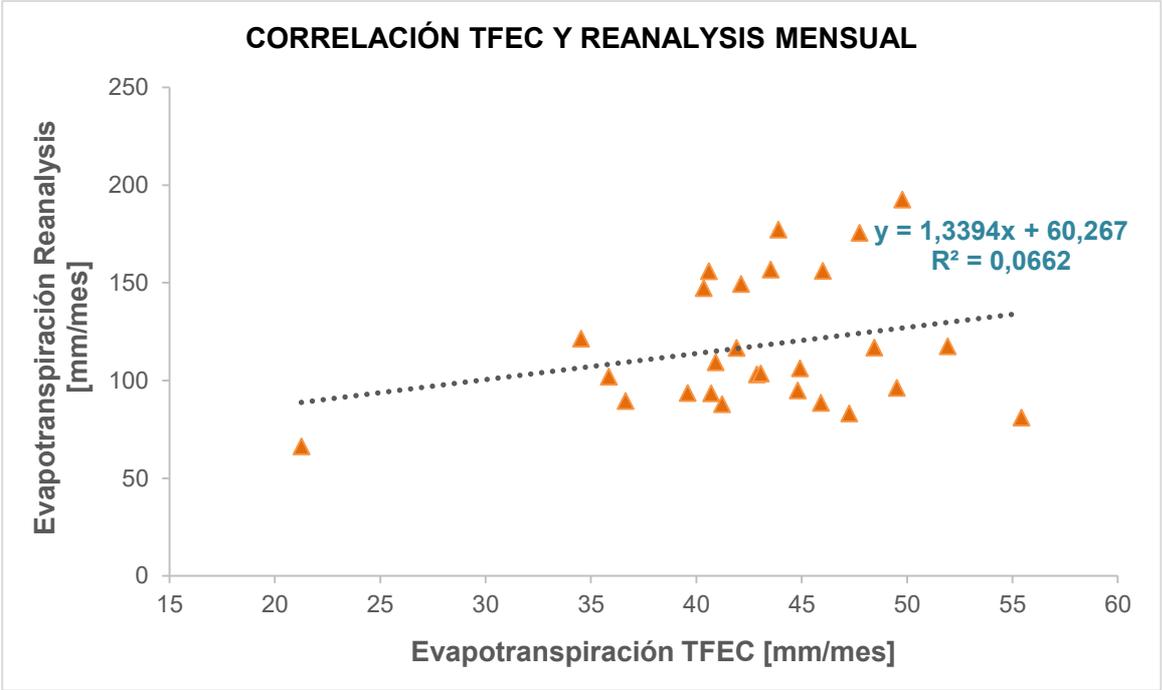


Figura 13. Correlación entre TFEC y NCEP/NCAR REANALYSIS para datos mensuales

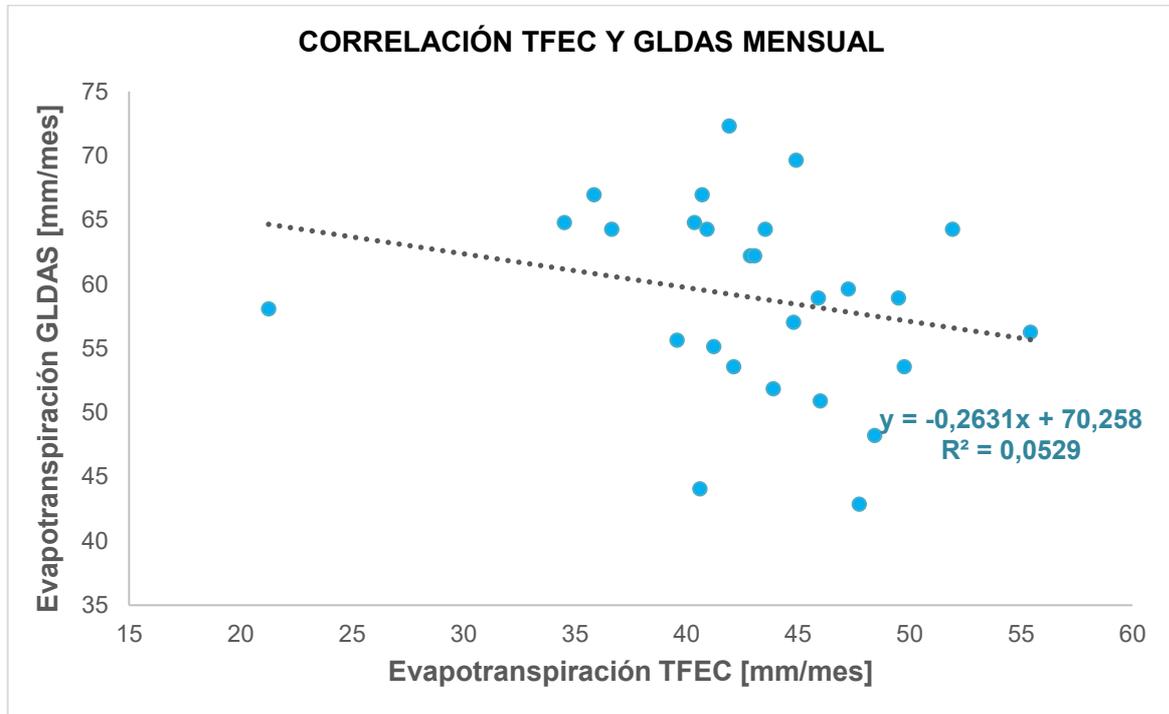


Figura 14. Correlación entre TFEC y GLDAS para datos mensuales

3.1.5 Resultados mediante el valor P estadístico

En la **Tabla 2** se exponen los resultados obtenidos de los parámetros estadísticos, lo cual permitió deducir que los modelos no siguen una distribución normal. Además, en el **Anexo III** se presentan los gráficos de normalidad obtenidos del software SPSS.

Tabla 2. Resultados de parámetros estadísticos de los modelos

PARÁMETRO	TFEC	REANALYSIS	GLDAS
Media	1,4472	3,9849	1,7991
Desv. Error promedio	0,0187	0,6053	0,0252
Desviación estándar	0,5051	1,6366	0,6799
Varianza	0,255	2,679	0,462
Curtosis	0,282	2,14	0,611
Asimetría	0,475	1,431	0,546

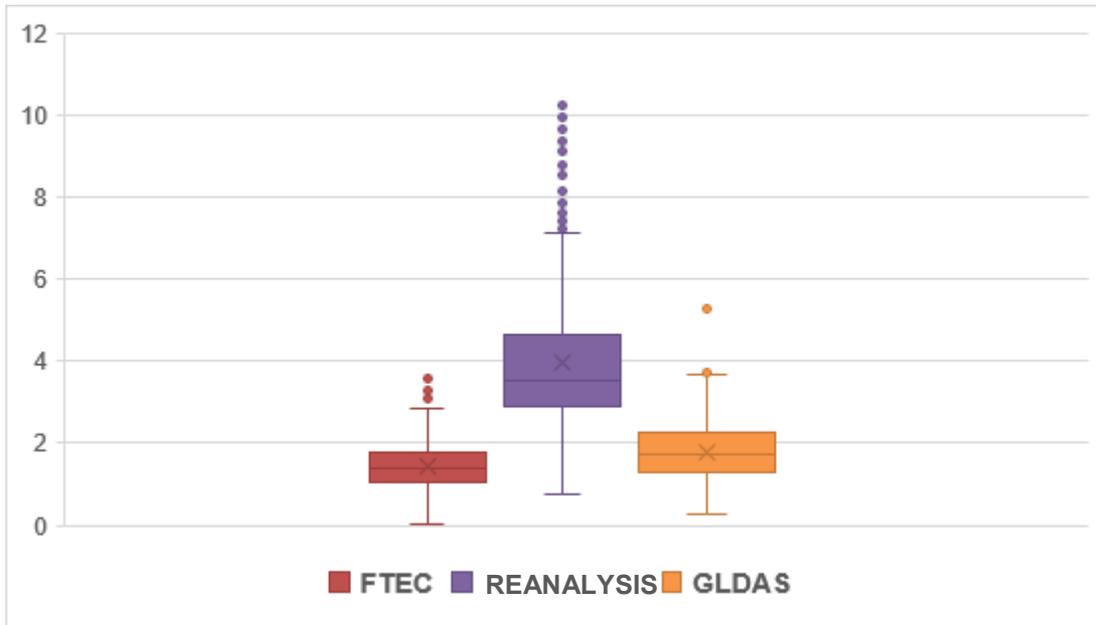


Figura 15. Diagrama de cajas, comparación de variabilidad entre modelos

En la **Figura 15** se expone un diagrama de cajas, en donde se puede visualizar la distribución de los datos de evapotranspiración real para los tres modelos. En cuanto a los valores de la TFEC se tiene una distribución casi simétrica ya que la mediana se encuentra ligeramente más abajo de la media, por el tamaño del diagrama se puede decir que los valores están concentrados, pero presenta valores atípicos. Para el diagrama de REANALYSIS se tiene una distribución asimétrica, sus valores son dispersos y presenta muchos valores atípicos. GLDAS también presenta una distribución casi simétrica, sus valores están concentrados y presenta valores atípicos. Al comparar los diagramas entre modelos TFEC – REANALYSIS y TFEC – GLDAS, se observa que la mediana no se encuentra dentro de los límites, por lo que se deduce que sus varianzas no son iguales.

Por otro lado, se utilizó el Test de Levene para demostrar la homogeneidad de la varianza entre los modelos. Para esto se asumió como hipótesis nula que las varianzas entre TFEC – REANALYSIS y TFEC – GLDAS no son diferentes, mientras que la hipótesis alternativa afirma que las varianzas entre los modelos son diferentes. Con el software SPSS se obtuvo un $p < 0,05$, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, es decir, las varianzas entre los modelos no son iguales, por lo tanto, se reafirma que los tres modelos no siguen una distribución normal.

Para conocer si los modelos presentan diferencia estadística significativa se utilizó la prueba del coeficiente de correlación de Spearman puesto que pertenece al grupo de pruebas no paramétricas, es decir, que los modelos no se ajustaron a una distribución normal y tampoco presentaron una homogeneidad entre las varianzas. Para los dos casos

se asume una hipótesis nula de que no existe relación entre los modelos; por el contrario, la hipótesis alternativa afirma que existe relación entre los modelos. El coeficiente de Spearman se determinó mediante el software SPSS, los resultados se indican en el **Anexo VI**. En la **Tabla 3** se resume los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resultados del p valor y el coeficiente de Spearman

COMPARACIÓN	P VALOR	COEFICIENTE DE SPEARMAN
FTEC - REANALYSIS	0,562	-0,021
FTEC - GLDAS	0,01	-0,95

De la **Tabla 3** se puede interpretar que para TFEC y REANALYSIS se tiene un p valor de 0,562, es decir $p > 0,05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir, no existe relación entre los modelos y como rho Spearman fue de -0,021 se dice que su relación es muy baja. En cuanto a TFEC y GLDAS, el p valor calculado fue de 0,01, como $p < 0,05$ entonces se rechaza la hipótesis nula de manera significativa y se acepta la hipótesis alternativa con un coeficiente rho Spearman de -0,95. Entonces con el 95% de confianza se afirma que entre TFEC y GLDAS existe una relación inversa alta.

3.2 Discusión de Resultados

En el Ecuador, los estudios sobre la evapotranspiración en páramos son muy escasos, no obstante, se consideró a la investigación de Carrillo-Rojas et al (2019), como referencia para la elaboración del presente proyecto puesto que dicha investigación evalúa la evapotranspiración a través de la técnica estándar de Eddy Covariance, la cual fue aplicada en el ecosistema de páramo Zhurucay ubicado entre 3500 y 3900 msnm en la provincia de Azuay. En el mencionado estudio, se determinó un valor de evapotranspiración real de 635 ± 9 mm por año, lo cual representa el 51% del total de la precipitación anual que fue de 1239,9 mm en los años 2016 al 2018. Mientras que, al aplicar la misma técnica en el norte del Ecuador, la evapotranspiración real fue de $528,98 \pm 15$ mm por año, lo cual representa el 62% del total de la precipitación anual que fue de 852,65 mm en los años 2020 y 2021. No se espera que los resultados sean iguales puesto que se debe considerar que las condiciones de los dos lugares son diferentes tanto en elevación, precipitación, evapotranspiración, tipo de vegetación e incluso el período de estudio. De acuerdo a lo obtenido se nota que en el páramo norte existe una mayor evapotranspiración y menor precipitación que en el páramo sur del Ecuador.

Teniendo en cuenta a Ochoa-Sánchez et al (2019), en su investigación consideran los datos registrados en el año 2017 de la Torre Eddy Covariance instalada en Zhuruca, en donde el método registró una precipitación acumulada de 1094 mm y una evapotranspiración real de 622 mm por año, la cual representa el 57% del total de la precipitación. Además, se comparó la evapotranspiración determinada por lisímetros volumétricos, balance de agua, balance de energía, Penman-Monteith calibrado, el modelo de distribución de probabilidad y el modelo Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning. De su análisis se dedujo que Eddy Covariance es una técnica de medición precisa mediante detección óptica de alta frecuencia, presentan una alta resolución temporal y permite entender el intercambio de energía y agua; sin embargo, sus equipos son costosos y la instalación puede resultar difícil. Mientras que los otros modelos sobreestiman la evapotranspiración. De la misma manera que en el caso anterior, la evapotranspiración es mayor en la zona sur del país y su precipitación supera los 1000 mm, lo que no sucedió en la zona norte.

Otro ecosistema de páramo en el que se ha realizado estudios sobre evapotranspiración es en Jatun Sacha, ubicado en el Antisana, sitio cercano al que se encuentra la TFEC de la cual se obtuvo los datos para este proyecto. De acuerdo con Torres & Proaño (2018), los datos utilizados para su investigación fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI) correspondientes a la estación climatológica Humboldt de los años 2014 y 2015. Se aplicó la ecuación de Penman-Monteith para la determinación de la evapotranspiración de referencia, utilizó un coeficiente de cultivo de 0,42 y un factor de estrés hídrico de 1 con lo cual determinaron la evapotranspiración real. Así, el valor obtenido de este parámetro fue de 237,66 mm por año, que corresponde al 28% del total de la precipitación anual que fue de 840,24 mm. En cuanto al valor de la precipitación, se observa que es cercano al obtenido por la TFEC, pero el valor de evapotranspiración calculado subestima la evapotranspiración anual que determinó la TFEC que fue alrededor de 529 mm.

Por otro lado, Calderón (2018), cuantificó la evapotranspiración en el páramo de Mojanda, ubicado en las provincias de Imbabura y Pichincha a una 3729 m.s.n.m. Para esto, utilizó datos de precipitación y temperatura correspondientes al período 1990 – 2015 registrados por las estaciones meteorológicas del INAMHI: Inguincho, Otavalo y Tomalón-Tabacundo. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se basó en la ecuación propuesta por Holdridge (1978) y para determinar la evapotranspiración real utilizó ecuaciones propuestas por Rodríguez (1983). Aplicando esto, obtuvo una evapotranspiración real de 453,47 mm por año y una precipitación promedio anual de 639 mm. A pesar de que los

páramos de Mojanda y Antisana se encuentran en la zona norte del país, no presentaron valores de precipitación y evapotranspiración similares. Esto da a entender que, aunque se trate de un mismo tipo de ecosistema, siempre sus condiciones y resultados serán diferentes. Cabe recalcar que tanto los métodos utilizados para determinar la evapotranspiración como el período de estudio, fueron distintos.

Se toma en cuenta la investigación de Carrillo-Rojas et al (2016), en la cual se cuantifica la evapotranspiración en la cuenca de Quinuas, ubicada al sur de Ecuador entre 2800 y 4250 msnm. En su investigación se aplicó el modelo METRIC, el cual permite mapear la evapotranspiración utilizando imágenes satelitales, para su caso los productos satelitales fueron Landsat (METRIC_L) y MODIS (METRIC_M). Los resultados obtenidos fueron comparados con el producto global MOD16 y se validó con los resultados de evapotranspiración del balance hídrico. Se analizó la evapotranspiración en dos microcuencas denominadas Virgen del Cajas y Matadero en el período 2013 al 2014.

En la **Tabla 4** se indica el total anual y su porcentaje de error, también se presentan los resultados mensuales: media, el error cuadrático medio y el error cuadrático. Con esto se demostró que los productos satelitales no tienen la misma eficiencia a pesar de ser aplicados a un mismo ecosistema, esto se debe a la presencia de diferente vegetación. Además, la sobreestimación de los modelos se debe a la interferencia de la nubosidad sobre las imágenes satelitales y también de la resolución espacial de los modelos. Es por eso que el autor plantea que los modelos deben ser ajustados a los parámetros específicos del ecosistema con el fin de obtener mejores estimaciones de las variables climáticas. Haciendo relación del estudio mencionado con los resultados obtenidos en REANALYSIS y GLDAS se puede afirmar que los modelos satelitales no son confiables en la estimación de la evapotranspiración y mucho menos en ecosistemas de páramo. Puesto que los productos satelitales no consideran las condiciones climatológicas o los factores litológicos característicos del páramo.

En los estudios analizados sobre la cuantificación de la evapotranspiración en el páramo, se observa que el orden de magnitud de la evapotranspiración es mucho menor a 800 mm anuales, por lo tanto, se considera que REANALYSIS y GLDAS no son productos satelitales aplicables para el ecosistema de páramo.

Tabla 4. Resultados de Evapotranspiración del estudio realizado en la cuenca de Quinuas

	Microcuenca Virgen del Cajas				Microcuenca Matadero			
	ET Balance hídrico	ET METRIC L	ET METRIC M	ET MOD1 6	ET Balance hídrico	ET METRIC L	ET METRIC M	ET MOD1 6
Total Anual [mm/año]	603,91	664,91	759,04	937,91	570,7	665,82	788,53	940,5
Porcentaje error %		10,1	25,69	55,31		16,67	38,17	64,8
Media Mensual [mm/mes]	50,33	55,41	63,25	78,16	47,56	55,49	65,71	78,37
% Mensual MSE		30,42	51,37	76,15		57,36	65,79	108,28
RMSE Mensual [mm/mes]		22,2	33,06	41,69		21,23	30,61	39,03

3.3 Conclusiones

- Con la presente investigación se contribuye con el cálculo de la evapotranspiración real en el páramo norte del Ecuador. Esto es un aporte que tiene gran relevancia para la Hidrología, puesto que la determinación de esta variable presenta cierta complejidad debido a que intervienen algunas de las variables climáticas para su cuantificación. Cabe destacar que en la zona norte no se ha estudiado esta variable sobre todo con técnicas avanzadas como “Eddy Covariance”, por lo que resulta conveniente para posteriores estudios o proyectos relacionados con el recurso hídrico.
- Mediante la comparación de los resultados obtenidos por la técnica Eddy Covariance y los productos satelitales GLDAS y NCEP/NCAR REANALYSIS se concluye que las imágenes satelitales no presentaron una buena estimación de la evapotranspiración real. Se puede deducir que esto se debe a que los modelos no se ajustan a las características específicas de la vegetación de los páramos y que, para este caso, los modelos resultaron inadecuados para la cuantificación de la evapotranspiración real debido a la baja resolución espacial. Además, en los Andes existe un gradiente de las variables climatológicas con la elevación en pocas distancias, lo que no es capturado por los productos satelitales, los cuales no son precisos.

- Para el producto satelital NCEP/NCAR REANALYSIS tanto los resultados diarios, mensuales y anuales presentaron valores bastante alejados de los valores obtenidos por la TFEC. El error de estimación de la evapotranspiración real supera el 100% y estadísticamente es un modelo que no se correlaciona con la técnica “Eddy Covariance”, por lo que se considera que este modelo no resulta útil en la cuantificación de la evapotranspiración en los páramos del Ecuador.
- Para el producto satelital GLDAS los datos diarios, mensuales y anuales tuvieron una aproximación a los valores registrados por la TFEC, este modelo presentó un error porcentual anual de alrededor del 33%. Además, en el análisis estadístico se demostró una relación inversa altamente significativa con la técnica “Eddy Covariance”. Sin embargo, no se obtuvo un buen coeficiente de determinación y su serie temporal no estaba acorde a la de la TFEC. Por lo tanto, este modelo tampoco debe usarse en estudios hidrológicos o en planificación de recursos hídricos.
- Puesto que la TFEC registra valores reales de las variables climáticas, se observó que la precipitación en el año 2020 fue menor a la del 2021, pues hubo un incremento de casi 200 mm al año, pero se mantuvo la relación directamente proporcional entre la evapotranspiración y la precipitación. A diferencia del producto NCEP/NCAR REANALYSIS, en el cual la evapotranspiración supera a la precipitación en la zona, esta es una razón más para prescindir de este modelo.
- De acuerdo con la comparación entre estudios realizados sobre la cuantificación de la evapotranspiración se deduce que la Torre de Flujo Turbulento “Eddy Covariance” es una tecnología que permite obtener datos precisos en comparación con productos satelitales o ecuaciones empíricas. El conocer las pérdidas de agua que se dan en el balance hídrico permitirá dar una mejor gestión del recurso hídrico y más aún si se trata de ecosistemas de páramo.

3.4 Recomendaciones

- Los productos satelitales resultan convenientes en sitios en los cuales no existe otro medio de cuantificación de variables climáticas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los resultados difieren entre ecosistemas, es decir, el modelo puede ser aplicable para ecosistemas que presentan las mismas condiciones con las que fueron diseñados los modelos. Por esta razón se recomienda revisar estudios de la aplicabilidad y validez del modelo satelital.
- La obtención de datos de ciertos productos satelitales resulta más fácil que otros. Para este caso, pese a que GLDAS presentó valores de evapotranspiración casi

cercanos a los de la TFEC, la obtención de la información fue más compleja. Para tratar datos en formato NETCDF se recomienda utilizar programas que faciliten su visualización, estos pueden ser ARCGis y RStudio, los cuales fueron de gran ayuda para el desarrollo del presente trabajo.

- La Torre de Flujo Turbulento “Eddy Covariace” resultó ser una buena tecnología para la cuantificación de la evapotranspiración, por eso es conveniente instalar más torres en distintos puntos de los páramos, puesto que la vegetación es diferente a distintas alturas del ecosistema. Sin embargo, la instalación de este tipo de tecnología es costosa, por lo tanto, se sugiere comparar con otros productos satelitales.
- Aunque a simple vista se puede considerar que dos variables están o no relacionadas, es importante comprobar mediante la estadística inferencial. Para esto es necesario considerar la naturaleza de los datos y el comportamiento de sus parámetros estadísticos. Es así como se optará por la mejor prueba que permitirá resolver incertidumbres acerca de las variables que se estén tratando.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, G., Pereira, L., RAES, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. In *Estudio FAO Riego y Drenaje 56*, ISBN 92-5-304219-2, ISSN 0254-5293 (p. 300).
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedamaz*, 4(1), 45–52.
- Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., & Cisneros, F. (2014). *Hidrología del Páramo Andino: Propiedades, importancia y vulnerabilidad*.
- Calderón, M. J. (2018). *Oferta hídrica, almacenamiento de agua y carbono en dos escenarios altoandinos del páramo de Mojanda-Ecuador. [Tesis de Maestría en Ecohidrología]*. Universidad Nacional de la Plata.
- Camacho, M. (2013). Los Páramos Ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *ANALES de La Universidad Central Del Ecuador* 372, 76–92.
- Cárdenas, M. (2021). *Evaluación de la Evapotranspiración de productos satelitales en la zona sur del Ecuador, 199 - 2013*.
- Carrillo-Rojas, G., Silva, B., Córdova, M., Célleri, R., & Bendix, J. (2016). Dynamic Mapping of Evapotranspiration Using an Energy Balance-Based Model over an Andean Páramo Catchment of Southern Ecuador. In *MDPI*. <https://doi.org/10.3390/rs8020160>
- Carrillo-Rojas, G., Silva, B., Rollenbeck, R., Célleri, R., & Bendix, J. (2019). The breathing of the Andean highlands: Net ecosystem exchange and evapotranspiration over the páramo of southern Ecuador. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265(November 2018), 30–47. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.006>

- Carrillo, G. (2019). *Cápsula | La respiración del páramo andino: ¿factor clave para el futuro del agua y la biodiversidad?*
- Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71–83.
- Córdova, M., Carrillo, G., & Céleri, R. (2013). Errores en la estimación de la evapotranspiración de referencia de una zona de páramo andino debidos al uso de datos mensuales, diarios y horarios. In *Aqua-LAC* (Vol. 5, Issue 2).
- Cuesta, F., Báez, S., Muriel, P., & Salgado, S. (2014). La vegetación de los páramos del Ecuador. In F. Cuesta, J. Sevink, L. L. Llambí, B. De Bièvre, & J. Posner (Eds.), *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*. CONDESAN.
- Gordillo, V., Flores, H., Tijerina, L., & Arteaga, R. (2014). Estimación de la evapotranspiración utilizando un balance de energía e imágenes satelitales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 143–155.
- Hämmerly, R. (2001). *Modelación de la Evapotranspiración con métodos de Balance de Agua*. Universidad Nacional del Litoral.
- Kay, G. (2013). Modelación del Sistema Terrestre. *Factsheet*, 5, 1–3.
- Ladislao, B., & Ríos, F. (2018). El valor p . Interpretación, orígenes y su utilización actual. *Revista Argentina de Terapia Intensiva*.
- León, S. (2011). La Flora de los páramos Ecuatorianos. In P. Mena, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa, & D. Ortiz (Eds.), *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. (pp. 25–39). EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA.
- Llambí, L. D., Soto, A., Céleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Páramos Andinos Ecología , hidrología y suelos de páram os*.
- Luján, M., Ferrelli, F., Huamantínco, M., Piccolo, M., & Gil, V. (2016). Estudio preliminar del ajuste entre datos meteorológicos in situ y del Reanálisis

- (NCEP/NCAR) en distintos ambientes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Estudios Geográficos*, 77(280), 335–343. <https://doi.org/10.3989/egeogr.2016.i280.485>
- Mena, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. In M. Moraes, B. Øllgaard, L. Kvist, F. Borchsenius, & H. Balslev (Eds.), *Botánica económica de los Andes Centrales* (pp. 91–109).
- Morales, J., & Estévez, J. (2006). El páramo : ¿Ecosistema en vía de extinción? *Luna Azul*, 22, 39–51.
- Nolasco, M., Sayago, S., Ovando, G., Bellini, Y., Belmonte, M., & Bocco, M. (2019). *Evaluación del desempeño de productos satelitales para estimar evapotranspiración en la región pampeana (Argentina)*.
- Ochoa-Sánchez, A., Crespo, P., Carrillo-Rojas, G., Sucozhañay, A., & Céleri, R. (2019). Actual Evapotranspiration in the High Andean Grasslands: A Comparison of Measurement and Estimation Methods. *Front.Earth Sci.*, 7(March), 1–16. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00055>
- Ochoa, A. E., Crespo, P., Carrillo-Rojas, G., Sucozhañay, A., Cabrera, J., & Céleri, R. (2018). *Comparison of eddy-covariance measurements with hydrological models estimates of actual evapotranspiration at a daily scale*. 2018, H53O-1793.
- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial* (Primera). Sociedad Geográfica de Lima.
- Ribadeneira, D. (2020). *Medición de flujos de energía, CO2 y vapor agua en Antisana - FONAG*. <http://www.fonag.org.ec/web/medicion-de-flujos-de-energia-co2-y-vapor-agua-en-antisana/>
- Rivas, R. (2004). *Propuesta de un modelo operativo para la estimación de la evapotranspiración*. Universitat de València, Servei de Publicacions.
- Rivera, J. (2007). Reserva Ecológica Antisana. In ECOLAP & MAE (Eds.), *Guía del*

patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN.

Rodell, M., Houser, P., Peters-Lidard, C., Kato, H., Kumar, S., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, J., & Branch, H. S. (2004). *NASA / NOAA ' s Global Land Data Assimilation System (GLDAS) : Recent Results and Future Plans with contributions from*. 61–68.

Tonneijck, F., Jansen, B., Nierop, K., Verstraten, J., Sevink, J., & De Lange, L. (2010). Towards understanding of carbon stocks and stabilization in volcanic ash soils in natural Andean ecosystems of northern Ecuador. *European Journal of Soil Science*, 61(3), 392–405. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01241.x>

Torres, S., & Proaño, C. (2018). *Componentes del balance hídrico en los páramos de Jatun Sacha, Ecuador*. 28(2), 52–66.

Yates, D., & Strzpek, K. (1994). *Potential Evapotranspiration Methods and their Impact on the Assessment of River Basin Runoff Under Climate Change*.

5 ANEXOS

ANEXO I

DATO DIARIOS REGISTRADOS POR LA TFEC

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
1-dic-19	0,4	1,41	9-ene-20	0	1,66
2-dic-19	0	1,44	10-ene-20	0	1,92
3-dic-19	2,7	1,11	11-ene-20	0	1,90
4-dic-19	0,1	1,56	12-ene-20	0	2,11
5-dic-19	1,6	1,23	13-ene-20	0	2,21
6-dic-19	0	1,62	14-ene-20	0	1,40
7-dic-19	1	0,66	15-ene-20	0	1,18
8-dic-19	4,8	0,70	16-ene-20	0,6	2,00
9-dic-19	0,2	1,35	17-ene-20	2	2,08
10-dic-19	0	1,25	18-ene-20	0	1,72
11-dic-19	1,8	1,06	19-ene-20	0,1	1,45
12-dic-19	1,7	1,07	20-ene-20	1,4	1,12
13-dic-19	0,4	1,15	21-ene-20	15,9	1,39
14-dic-19	13,5	0,76	22-ene-20	0,1	1,31
15-dic-19	0,1	1,12	23-ene-20	0	1,34
16-dic-19	0	1,12	24-ene-20	4,5	0,94
17-dic-19	0	1,46	25-ene-20	7,8	1,77
18-dic-19	0,4	1,31	26-ene-20	6	2,00
19-dic-19	0	1,20	27-ene-20	1,4	3,56
20-dic-19	0,1	1,59	28-ene-20	0,1	1,91
21-dic-19	1,5	1,97	29-ene-20	1,1	0,94
22-dic-19	0	1,57	30-ene-20	0,1	1,00
23-dic-19	6,5	1,46	31-ene-20	0	1,28
24-dic-19	0	1,95	1-feb-20	15	0,85
25-dic-19	0	1,29	2-feb-20	0,3	2,39
26-dic-19	0,5	1,95	3-feb-20	0	1,73
27-dic-19	0,6	2,05	4-feb-20	0	2,14
28-dic-19	0,8	1,71	5-feb-20	0	3,07
29-dic-19	0	1,24	6-feb-20	0,1	1,60
30-dic-19	0	0,92	7-feb-20	0	0,86
31-dic-19	9,7	0,64	8-feb-20	0	1,11
1-ene-20	6,2	0,52	9-feb-20	0	0,85
2-ene-20	4,1	1,66	10-feb-20	0	0,90
3-ene-20	1	2,41	11-feb-20	0	2,03
4-ene-20	0	1,25	12-feb-20	0	2,01
5-ene-20	0,3	1,19	13-feb-20	0	1,99
6-ene-20	5,2	1,10	14-feb-20	0	1,34
7-ene-20	0,1	3,23	15-feb-20	0	1,03
8-ene-20	0	2,38	16-feb-20	0	1,31

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
17-feb-20	0	1,25	29-mar-20	0	1,47
18-feb-20	0	1,26	30-mar-20	2,4	1,12
19-feb-20	0,5	1,22	31-mar-20	4,9	1,35
20-feb-20	0	1,54	1-abr-20	6	1,03
21-feb-20	6	0,91	2-abr-20	1,5	2,42
22-feb-20	11,3	1,24	3-abr-20	0,2	1,42
23-feb-20	0	1,34	4-abr-20	0	1,49
24-feb-20	3,5	1,02	5-abr-20	0	1,86
25-feb-20	0	1,39	6-abr-20	8,9	2,27
26-feb-20	5,8	1,00	7-abr-20	9	2,51
27-feb-20	6,8	0,74	8-abr-20	0	2,69
28-feb-20	4,6	1,07	9-abr-20	0,2	1,26
29-feb-20	0,1	2,02	10-abr-20	4,3	0,83
1-mar-20	0	1,26	11-abr-20	3	1,73
2-mar-20	0	1,79	12-abr-20	0	1,93
3-mar-20	0	1,08	13-abr-20	0	1,66
4-mar-20	0	2,04	14-abr-20	11,6	1,14
5-mar-20	0,5	1,98	15-abr-20	16,1	0,73
6-mar-20	1	0,94	16-abr-20	0,1	0,87
7-mar-20	1,5	1,33	17-abr-20	0	0,87
8-mar-20	0	1,16	18-abr-20	7,7	0,77
9-mar-20	0	1,92	19-abr-20	0	1,30
10-mar-20	0	1,28	20-abr-20	0	1,73
11-mar-20	1	0,98	21-abr-20	0,4	0,88
12-mar-20	0	2,12	22-abr-20	2,3	1,07
13-mar-20	0	2,24	23-abr-20	7,4	0,73
14-mar-20	2,4	0,95	24-abr-20	0,1	2,46
15-mar-20	0,1	2,01	25-abr-20	0,4	1,44
16-mar-20	0,8	1,19	26-abr-20	0,3	0,72
17-mar-20	5,2	1,84	27-abr-20	0	1,39
18-mar-20	0	1,50	28-abr-20	0	1,33
19-mar-20	0	1,80	29-abr-20	1,5	0,94
20-mar-20	0	0,79	30-abr-20	9,4	1,39
21-mar-20	0,1	1,16	1-may-20	9,1	1,31
22-mar-20	0	1,64	2-may-20	0,7	1,94
23-mar-20	0,4	1,10	3-may-20	1	1,33
24-mar-20	0,1	2,63	4-may-20	0,2	1,82
25-mar-20	0	1,10	5-may-20	3,2	1,85
26-mar-20	0	1,09	6-may-20	0	1,85
27-mar-20	0	1,07	7-may-20	1	2,11
28-mar-20	0	0,99	8-may-20	2,3	1,53

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
9-may-20	0,3	2,25	19-jun-20	7,6	1,27
10-may-20	0	1,08	20-jun-20	6,2	2,05
11-may-20	0	2,30	21-jun-20	11,3	1,17
12-may-20	15,1	1,40	22-jun-20	2,3	2,55
13-may-20	5,3	0,98	23-jun-20	0,1	2,21
14-may-20	3,1	1,73	24-jun-20	0	1,46
15-may-20	0,4	2,30	25-jun-20	0,4	1,48
16-may-20	0,2	1,88	26-jun-20	6,6	2,40
17-may-20	0	2,26	27-jun-20	6,6	1,79
18-may-20	5,1	1,24	28-jun-20	0,3	1,50
19-may-20	1,4	1,90	29-jun-20	0,1	1,43
20-may-20	0,9	1,50	30-jun-20	0	1,38
21-may-20	0	1,76	1-jul-20	0	1,58
22-may-20	0	1,49	2-jul-20	2	1,12
23-may-20	0	2,09	3-jul-20	0,6	2,20
24-may-20	0	1,77	4-jul-20	1,2	1,86
25-may-20	0,6	1,70	5-jul-20	0	1,18
26-may-20	1	1,70	6-jul-20	4,6	1,30
27-may-20	2,5	1,73	7-jul-20	2,9	0,95
28-may-20	0	1,96	8-jul-20	0,9	1,80
29-may-20	3,8	2,03	9-jul-20	0,1	1,88
30-may-20	0,5	2,85	10-jul-20	0,2	1,72
31-may-20	0,2	1,81	11-jul-20	1,3	1,58
1-jun-20	0,2	1,08	12-jul-20	0,8	1,69
2-jun-20	2,4	1,13	13-jul-20	14,2	1,74
3-jun-20	11,1	1,06	14-jul-20	7,8	1,44
4-jun-20	0	2,58	15-jul-20	7,2	1,60
5-jun-20	6,8	0,69	16-jul-20	1	0,88
6-jun-20	0	1,80	17-jul-20	0,1	1,75
7-jun-20	2,2	1,46	18-jul-20	5,3	0,89
8-jun-20	0,1	1,47	19-jul-20	2,3	1,75
9-jun-20	0	1,40	20-jul-20	5,6	0,91
10-jun-20	0,7	0,95	21-jul-20	2,2	1,72
11-jun-20	0,1	1,07	22-jul-20	2,9	0,79
12-jun-20	0	1,06	23-jul-20	0,4	2,57
13-jun-20	2,6	1,12	24-jul-20	0,3	1,40
14-jun-20	9,7	1,90	25-jul-20	1,8	1,62
15-jun-20	2,5	2,18	26-jul-20	1,7	1,54
16-jun-20	1,5	2,29	27-jul-20	2,1	2,36
17-jun-20	3,2	2,20	28-jul-20	0	2,38
18-jun-20	5,9	1,13	29-jul-20	3	1,64

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
30-jul-20	3,5	1,16	9-sep-20	0,4	1,19
31-jul-20	5,5	1,45	10-sep-20	0	1,31
1-ago-20	2	1,96	11-sep-20	0	1,20
2-ago-20	1	1,89	12-sep-20	1,4	1,71
3-ago-20	0	1,60	13-sep-20	2,1	2,44
4-ago-20	0	1,28	14-sep-20	0,1	2,38
5-ago-20	0	1,94	15-sep-20	0	1,08
6-ago-20	0	1,16	16-sep-20	0,2	0,77
7-ago-20	0	1,47	17-sep-20	1,9	0,88
8-ago-20	0	1,34	18-sep-20	7,5	1,65
9-ago-20	0	1,88	19-sep-20	2	1,07
10-ago-20	0	1,19	20-sep-20	0	2,11
11-ago-20	0	1,93	21-sep-20	0,2	1,29
12-ago-20	0	2,02	22-sep-20	0	0,98
13-ago-20	0,3	1,52	23-sep-20	2,5	1,42
14-ago-20	17,4	1,69	24-sep-20	3,9	1,08
15-ago-20	0,5	1,67	25-sep-20	1,2	2,82
16-ago-20	0	1,50	26-sep-20	0,5	1,27
17-ago-20	0	2,00	27-sep-20	1,2	0,82
18-ago-20	0,4	1,14	28-sep-20	1,3	1,89
19-ago-20	0,7	1,66	29-sep-20	5,1	1,32
20-ago-20	10,5	1,92	30-sep-20	0,5	1,80
21-ago-20	19,1	0,65	1-oct-20	0,1	1,17
22-ago-20	0	1,11	2-oct-20	0	1,04
23-ago-20	0	1,55	3-oct-20	1,5	1,34
24-ago-20	0	2,03	4-oct-20	4,4	1,79
25-ago-20	0	2,12	5-oct-20	0,1	1,46
26-ago-20	0	1,90	6-oct-20	0	1,12
27-ago-20	3,1	1,57	7-oct-20	1,5	1,21
28-ago-20	4,1	2,07	8-oct-20	8,2	0,88
29-ago-20	0	1,67	9-oct-20	0,4	1,14
30-ago-20	0	1,26	10-oct-20	0,1	2,48
31-ago-20	0	1,10	11-oct-20	0	1,29
1-sep-20	6,4	1,14	12-oct-20	1,7	2,18
2-sep-20	4	0,59	13-oct-20	0,3	0,93
3-sep-20	0,1	1,37	14-oct-20	0,2	1,39
4-sep-20	2,3	2,10	15-oct-20	0	1,38
5-sep-20	7,9	1,24	16-oct-20	0,8	2,17
6-sep-20	0,4	1,26	17-oct-20	0	1,07
7-sep-20	2,4	1,65	18-oct-20	5,7	0,93
8-sep-20	0,4	2,04	19-oct-20	1,7	1,76

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
20-oct-20	1,3	1,02	30-nov-20	0	2,05
21-oct-20	0,4	1,55	1-dic-20	0	0,98
22-oct-20	0,2	2,11	2-dic-20	15,1	1,55
23-oct-20	0	0,93	3-dic-20	0,2	1,82
24-oct-20	0	0,98	4-dic-20	0,6	1,52
25-oct-20	0	0,97	5-dic-20	1	1,69
26-oct-20	0,1	0,90	6-dic-20	0,6	1,26
27-oct-20	0	0,70	7-dic-20	0	1,40
28-oct-20	0	1,28	8-dic-20	0,3	1,47
29-oct-20	0,1	1,81	9-dic-20	0	1,08
30-oct-20	2,3	1,60	10-dic-20	5,4	0,94
31-oct-20	0	1,56	11-dic-20	2,9	1,19
1-nov-20	0	2,08	12-dic-20	0	1,26
2-nov-20	0	2,14	13-dic-20	0	1,17
3-nov-20	0	1,96	14-dic-20	0,8	0,78
4-nov-20	0	1,65	15-dic-20	0	1,36
5-nov-20	7,8	0,72	16-dic-20	0	1,24
6-nov-20	0	2,66	17-dic-20	0,8	0,91
7-nov-20	0	0,61	18-dic-20	0,5	1,24
8-nov-20	0	1,40	19-dic-20	0	1,15
9-nov-20	0	1,60	20-dic-20	0	1,03
10-nov-20	0	1,63	21-dic-20	0	1,26
11-nov-20	0	1,03	22-dic-20	0	0,84
12-nov-20	0,2	0,65	23-dic-20	0	1,00
13-nov-20	1,2	1,42	24-dic-20	0	1,25
14-nov-20	5,3	0,96	25-dic-20	10	0,65
15-nov-20	1,8	0,87	26-dic-20	1,9	0,10
16-nov-20	0,7	0,49	27-dic-20	0,1	1,61
17-nov-20	10,2	0,69	28-dic-20	4,5	1,11
18-nov-20	3,6	1,01	29-dic-20	3,5	1,02
19-nov-20	2,2	1,74	30-dic-20	1,8	0,94
20-nov-20	23,5	0,75	31-dic-20	0	1,04
21-nov-20	19,6	1,41	1-ene-21	0,1	1,88
22-nov-20	0,4	1,46	2-ene-21	3,1	1,40
23-nov-20	2,2	1,32	3-ene-21	0	0,83
24-nov-20	0	1,37	4-ene-21	6	0,76
25-nov-20	0,2	1,37	5-ene-21	2,3	1,35
26-nov-20	9,7	2,18	6-ene-21	7,7	0,85
27-nov-20	7,7	0,76	7-ene-21	0	1,59
28-nov-20	8,3	0,80	8-ene-21	3,3	0,61
29-nov-20	0,5	1,57	9-ene-21	1,6	1,21

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
10-ene-21	2,9	2,05	20-feb-21	2,9	0,95
11-ene-21	5,8	1,75	21-feb-21	16,7	0,59
12-ene-21	2,6	1,72	22-feb-21	0,7	0,92
13-ene-21	2,5	1,52	23-feb-21	0	2,08
14-ene-21	0	1,50	24-feb-21	0	1,95
15-ene-21	0	2,28	25-feb-21	1,3	1,75
16-ene-21	0	2,65	26-feb-21	0,6	1,79
17-ene-21	0,1	1,73	27-feb-21	0,8	1,79
18-ene-21	0	1,35	28-feb-21	1,4	0,98
19-ene-21	0	1,65	1-mar-21	10,8	0,69
20-ene-21	0,2	1,42	2-mar-21	1,9	0,97
21-ene-21	0	1,25	3-mar-21	6,8	0,96
22-ene-21	4,3	0,97	4-mar-21	15	0,72
23-ene-21	5,6	1,21	5-mar-21	2,8	0,56
24-ene-21	0,3	2,14	6-mar-21	0,1	1,59
25-ene-21	2,1	1,57	7-mar-21	0	2,02
26-ene-21	1,8	1,33	8-mar-21	0,9	1,19
27-ene-21	0	1,93	9-mar-21	5,2	0,58
28-ene-21	0	1,38	10-mar-21	11,3	1,33
29-ene-21	0,6	1,20	11-mar-21	6,8	1,26
30-ene-21	0	1,01	12-mar-21	1,8	1,09
31-ene-21	0	1,83	13-mar-21	7,9	0,87
1-feb-21	0	1,26	14-mar-21	8,7	1,32
2-feb-21	0,1	1,80	15-mar-21	4,5	0,65
3-feb-21	0,3	1,48	16-mar-21	4,6	1,50
4-feb-21	0,4	1,52	17-mar-21	6,7	0,79
5-feb-21	3	1,41	18-mar-21	14	0,75
6-feb-21	0,1	1,79	19-mar-21	5	1,05
7-feb-21	0	1,07	20-mar-21	2,7	1,78
8-feb-21	2,2	1,62	21-mar-21	0	1,82
9-feb-21	17,4	1,44	22-mar-21	4,7	0,70
10-feb-21	6,8	2,29	23-mar-21	9,7	1,19
11-feb-21	0,9	1,57	24-mar-21	3,7	0,92
12-feb-21	1,3	0,92	25-mar-21	4,8	1,33
13-feb-21	0	1,68	26-mar-21	0,1	1,18
14-feb-21	0	1,64	27-mar-21	0	1,06
15-feb-21	8,2	0,68	28-mar-21	0	1,28
16-feb-21	5,9	1,17	29-mar-21	0	1,45
17-feb-21	0,1	2,07	30-mar-21	3,7	1,93
18-feb-21	3,4	0,69	31-mar-21	0	2,12
19-feb-21	5,5	0,70	1-abr-21	0,1	1,98

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
2-abr-21	2,9	2,34	13-may-21	0,1	1,67
3-abr-21	3	2,01	14-may-21	0,7	1,87
4-abr-21	3,9	1,38	15-may-21	2,9	1,39
5-abr-21	0	1,96	16-may-21	1,2	2,39
6-abr-21	0,9	1,63	17-may-21	7,9	1,48
7-abr-21	1,6	1,79	18-may-21	1	1,81
8-abr-21	2,1	2,66	19-may-21	0	1,22
9-abr-21	7,2	1,23	20-may-21	0,1	0,99
10-abr-21	0	1,98	21-may-21	0,2	2,28
11-abr-21	0	1,02	22-may-21	1,1	2,51
12-abr-21	0	1,08	23-may-21	2	2,31
13-abr-21	0	1,37	24-may-21	0,1	1,93
14-abr-21	0	1,42	25-may-21	0	1,38
15-abr-21	6,6	1,39	26-may-21	0	1,11
16-abr-21	0,1	2,51	27-may-21	0,1	1,97
17-abr-21	2,4	0,60	28-may-21	0	1,51
18-abr-21	1,8	1,27	29-may-21	0	0,99
19-abr-21	18,6	0,62	30-may-21	3	1,14
20-abr-21	0	1,38	31-may-21	4,7	0,90
21-abr-21	1,9	1,08	1-jun-21	0	2,23
22-abr-21	0	1,92	2-jun-21	0	1,20
23-abr-21	2,6	1,13	3-jun-21	3,2	1,15
24-abr-21	0	1,06	4-jun-21	6,6	0,71
25-abr-21	0	2,03	5-jun-21	0	2,70
26-abr-21	0	1,02	6-jun-21	5,1	2,18
27-abr-21	9,3	0,50	7-jun-21	15	0,54
28-abr-21	18,9	0,70	8-jun-21	3,7	0,64
29-abr-21	6,2	1,31	9-jun-21	0,1	1,34
30-abr-21	20,2	0,68	10-jun-21	0	1,89
1-may-21	1,6	1,43	11-jun-21	0,1	1,20
2-may-21	8,9	0,91	12-jun-21	0,2	1,87
3-may-21	10	0,50	13-jun-21	16,5	0,76
4-may-21	6,3	1,62	14-jun-21	0,9	2,08
5-may-21	2,1	1,23	15-jun-21	7,1	0,62
6-may-21	15,4	1,25	16-jun-21	3	1,26
7-may-21	7,5	1,33	17-jun-21	3,5	1,27
8-may-21	2	1,66	18-jun-21	1,1	1,90
9-may-21	0,5	1,66	19-jun-21	11,9	2,12
10-may-21	0,8	1,89	20-jun-21	8	1,85
11-may-21	0,4	3,29	21-jun-21	7,6	1,64
12-may-21	0,2	1,87	22-jun-21	1,1	1,61

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
23-jun-21	2,5	1,61	3-ago-21	0,4	2,37
24-jun-21	0	1,67	4-ago-21	0	1,07
25-jun-21	0,4	1,51	5-ago-21	0	1,59
26-jun-21	1,6	1,92	6-ago-21	0	1,07
27-jun-21	0,2	1,90	7-ago-21	0	1,31
28-jun-21	0,2	1,18	8-ago-21	0,1	1,31
29-jun-21	0	1,51	9-ago-21	0	1,03
30-jun-21	5,5	0,75	10-ago-21	0,1	1,72
1-jul-21	2,1	2,13	11-ago-21	0,7	1,59
2-jul-21	0	1,63	12-ago-21	0	1,87
3-jul-21	0	1,04	13-ago-21	5,1	1,10
4-jul-21	0	1,64	14-ago-21	0,1	1,60
5-jul-21	0	1,00	15-ago-21	1	1,44
6-jul-21	0	1,78	16-ago-21	6,7	1,21
7-jul-21	0,1	1,82	17-ago-21	0,1	2,07
8-jul-21	1,4	1,54	18-ago-21	0,1	1,18
9-jul-21	1,2	2,03	19-ago-21	1,7	0,89
10-jul-21	0,6	1,56	20-ago-21	1,5	2,09
11-jul-21	0	1,73	21-ago-21	0,1	1,52
12-jul-21	0	1,14	22-ago-21	0,4	1,59
13-jul-21	0	0,92	23-ago-21	0,7	1,53
14-jul-21	0	1,23	24-ago-21	0,1	1,13
15-jul-21	0	1,53	25-ago-21	8,6	0,79
16-jul-21	0,1	1,60	26-ago-21	0	1,61
17-jul-21	5	1,73	27-ago-21	1,8	2,08
18-jul-21	14,9	0,72	28-ago-21	7,9	2,04
19-jul-21	7,7	1,98	29-ago-21	3,3	1,20
20-jul-21	0,1	1,80	30-ago-21	1,2	1,34
21-jul-21	0,5	1,98	31-ago-21	1,8	1,99
22-jul-21	2,6	1,15	1-sep-21	0	1,85
23-jul-21	1,5	1,04	2-sep-21	8,3	1,81
24-jul-21	0,2	0,93	3-sep-21	0,5	1,61
25-jul-21	3,2	0,95	4-sep-21	0,2	2,01
26-jul-21	2,5	1,32	5-sep-21	1,2	2,12
27-jul-21	0,9	1,53	6-sep-21	42,9	0,01
28-jul-21	0,1	2,04	7-sep-21	3,7	0,52
29-jul-21	0	1,46	8-sep-21	1,7	1,68
30-jul-21	0	0,90	9-sep-21	0,2	2,05
31-jul-21	0	2,15	10-sep-21	0	1,16
1-ago-21	1,4	2,14	11-sep-21	2,3	1,43
2-ago-21	1,3	2,30	12-sep-21	2,3	1,38

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
13-sep-21	0,1	1,81	24-oct-21	1,3	1,13
14-sep-21	0	1,76	25-oct-21	6,4	1,03
15-sep-21	0	1,11	26-oct-21	5,6	1,43
16-sep-21	0	1,32	27-oct-21	2,5	1,97
17-sep-21	0	1,36	28-oct-21	8,3	0,98
18-sep-21	0	0,76	29-oct-21	1,9	1,30
19-sep-21	0,1	1,46	30-oct-21	0,3	2,13
20-sep-21	0,3	1,61	31-oct-21	4,2	0,87
21-sep-21	0,5	1,89	1-nov-21	10,6	0,78
22-sep-21	0,1	1,58	2-nov-21	0,9	1,19
23-sep-21	0,4	1,07	3-nov-21	0	1,47
24-sep-21	0,1	0,83	4-nov-21	0	1,99
25-sep-21	0,3	0,73	5-nov-21	0	1,16
26-sep-21	0	0,47	6-nov-21	0	1,02
27-sep-21	0	1,72	7-nov-21	0	0,93
28-sep-21	0,3	0,94	8-nov-21	0,4	1,45
29-sep-21	11,6	0,94	9-nov-21	0,6	1,08
30-sep-21	0,7	1,60	10-nov-21	0,2	0,96
1-oct-21	4,7	1,39	11-nov-21	0	0,79
2-oct-21	0,6	1,04	12-nov-21	1,3	0,76
3-oct-21	0,1	1,65	13-nov-21	0,3	0,90
4-oct-21	0	1,46	14-nov-21	1	0,86
5-oct-21	0	1,75	15-nov-21	0	1,55
6-oct-21	1,2	1,33	16-nov-21	0	1,03
7-oct-21	0,3	1,36	17-nov-21	0,2	1,18
8-oct-21	0	1,12	18-nov-21	3,6	1,02
9-oct-21	0	0,99	19-nov-21	10,5	0,58
10-oct-21	12,3	0,52	20-nov-21	4,4	1,11
11-oct-21	0,6	2,56	21-nov-21	0,1	1,46
12-oct-21	4,4	2,46	22-nov-21	0	1,11
13-oct-21	0,1	2,22	23-nov-21	0,9	1,45
14-oct-21	0	1,55	24-nov-21	2,5	1,73
15-oct-21	8,2	1,61	25-nov-21	12,9	0,49
16-oct-21	2,1	1,59	26-nov-21	0,5	0,94
17-oct-21	5,6	0,96	27-nov-21	0	1,13
18-oct-21	0,1	1,33	28-nov-21	0	2,45
19-oct-21	0	1,30	29-nov-21	0	0,91
20-oct-21	0,8	1,28	30-nov-21	5,2	1,03
21-oct-21	10,9	0,63	1-dic-21	0,1	1,39
22-oct-21	0,6	1,58	2-dic-21	0	1,69
23-oct-21	16,2	0,99	3-dic-21	0	1,59

Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]	Fecha	P [mm/día]	ET [mm/día]
4-dic-21	0	0,73	12-ene-22	0	1,49
5-dic-21	0	1,51	13-ene-22	2,5	0,59
6-dic-21	0	1,63	14-ene-22	0,2	0,59
7-dic-21	0	1,53	15-ene-22	0,6	1,28
8-dic-21	0,2	0,97	16-ene-22	0	1,84
9-dic-21	0	1,27	17-ene-22	0,1	1,26
10-dic-21	0,1	0,97	18-ene-22	0,2	1,76
11-dic-21	6,6	0,67	19-ene-22	0,2	1,72
12-dic-21	2,6	1,44	20-ene-22	0	2,23
13-dic-21	10,5	0,70	21-ene-22	0,1	1,86
14-dic-21	2,9	0,99	22-ene-22	0	1,11
15-dic-21	2	1,83	23-ene-22	0	1,53
16-dic-21	3,7	1,40	24-ene-22	0,2	1,93
17-dic-21	2,6	2,05	25-ene-22	5,7	0,89
18-dic-21	3,9	1,48	26-ene-22	0	0,95
19-dic-21	2,9	1,64	27-ene-22	2,9	0,90
20-dic-21	4,1	1,04	28-ene-22	0	2,04
21-dic-21	0	2,39	29-ene-22	1	1,30
22-dic-21	0	1,19	30-ene-22	0,6	0,39
23-dic-21	0	1,34	31-ene-22	3,6	0,64
24-dic-21	0	1,67	1-feb-22	5,7	0,99
25-dic-21	0	1,44	2-feb-22	0	1,66
26-dic-21	11,4	1,08	3-feb-22	0,1	1,56
27-dic-21	0,1	1,53	4-feb-22	2,9	1,74
28-dic-21	0,1	1,10	5-feb-22	6,3	0,70
29-dic-21	0,2	1,12	6-feb-22	0,4	1,08
30-dic-21	0	1,49	7-feb-22	2,3	1,12
31-dic-21	0	1,02	8-feb-22	1	0,53
1-ene-22	0	1,64	9-feb-22	0	1,21
2-ene-22	0	1,17	10-feb-22	0	1,55
3-ene-22	0	2,05	11-feb-22	0	1,33
4-ene-22	0	1,29	12-feb-22	0,8	1,64
5-ene-22	1,4	1,67	13-feb-22	0	1,10
6-ene-22	0	0,65	14-feb-22	0	1,31
7-ene-22	0,1	1,26	15-feb-22	0,1	0,71
8-ene-22	0	1,50	16-feb-22	0	0,87
9-ene-22	0	1,51	17-feb-22	0	0,74
10-ene-22	0,1	0,86	18-feb-22	2,2	0,92
11-ene-22	0	0,78	19-feb-22	0,1	0,49

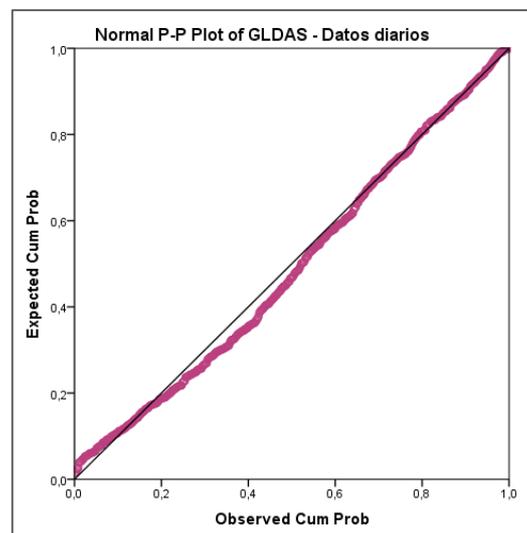
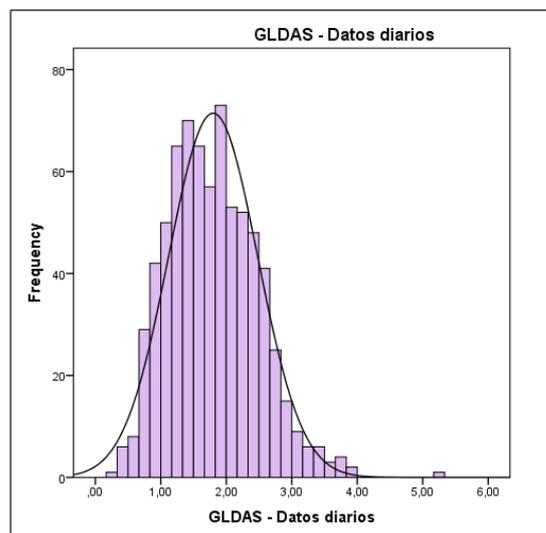
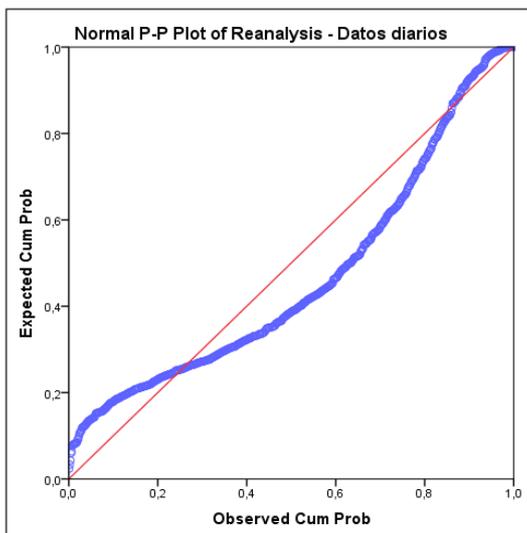
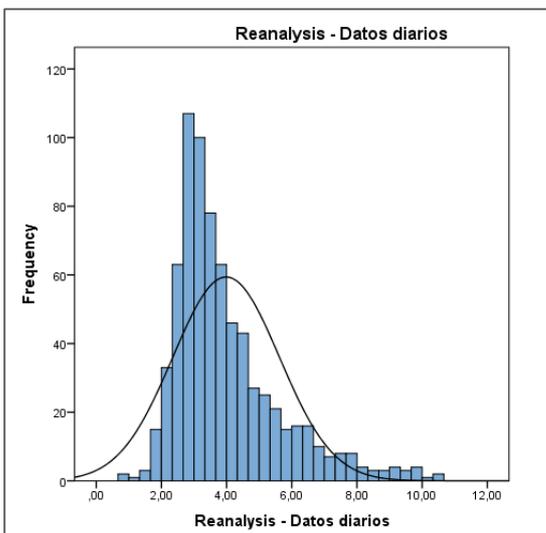
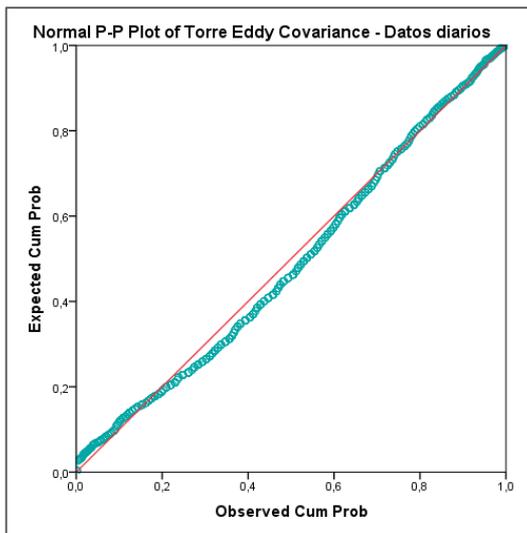
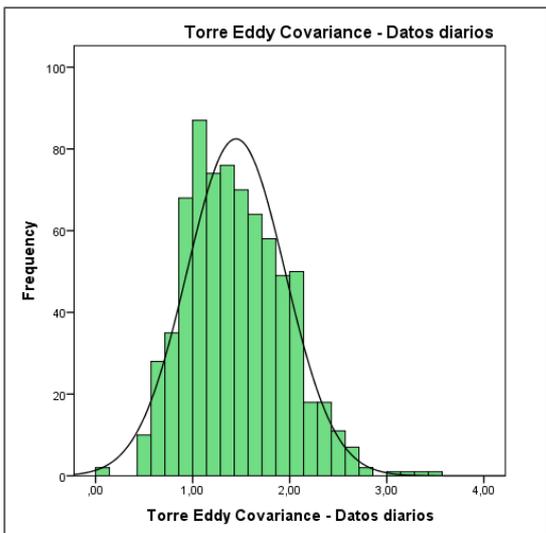
ANEXO II

DATOS MENSUALES DE EVAPOTRANPIRACIÓN PARA LOS AÑOS 2020 Y 2021

Mes	Datos Torre "Eddy Covariance"		Datos NCEP/NCAR REANALYSIS		Datos GLDAS	
	P [mm/mes]	ET _{real} [mm/mes]	ET _{potencial} [mm/mes]	ET _{real} [mm/mes]	ET _{real} [kg/m ² s]	ET _{real} [mm/mes]
ene-20	58,00	51,93	163,13	117,46	0,000024	64,28
feb-20	54,00	41,22	122,00	87,84	0,000022	55,12
mar-20	20,40	44,93	147,45	106,16	0,000026	69,64
abr-20	90,40	42,87	143,10	103,03	0,000024	62,21
may-20	57,90	55,43	112,50	81,00	0,000021	56,25
jun-20	90,50	47,26	115,41	83,10	0,000023	59,62
jul-20	81,50	48,45	162,39	116,92	0,000018	48,21
ago-20	59,10	49,77	267,49	192,59	0,000020	53,57
sep-20	55,90	43,90	246,19	177,26	0,000020	51,84
oct-20	31,10	42,12	207,57	149,45	0,000020	53,57
nov-20	105,10	40,36	204,52	147,25	0,000025	64,80
dic-20	50,00	35,86	141,53	101,90	0,000025	66,96
ene-21	52,90	45,92	122,94	88,52	0,000022	58,92
feb-21	80,00	39,58	129,94	93,56	0,000023	55,64
mar-21	144,20	36,65	124,31	89,51	0,000024	64,28
abr-21	110,30	43,06	143,97	103,66	0,000024	62,21
may-21	80,80	49,51	133,69	96,26	0,000022	58,92
jun-21	105,10	44,81	131,87	94,95	0,000022	57,02
jul-21	44,70	46,00	216,78	156,08	0,000019	50,89
ago-21	46,20	47,75	243,97	175,66	0,000016	42,85
sep-21	77,80	40,60	216,53	155,90	0,000017	44,06
oct-21	99,30	43,53	217,69	156,74	0,000024	64,28
nov-21	56,10	34,53	168,74	121,49	0,000025	64,80
dic-21	54,00	41,92	162,11	116,72	0,000027	72,32

ANEXO III

PRUEBA DE NORMALIDAD MEDIANTE EL SOFTWARE SPSS



ANEXO IV

RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS DE SPSS

Parámetros estadísticos

MODELOS	Mean	Std. Error of Mean	Std. Deviation	Variance	Kurtosis	Skewness
TFEC	1,4472	,01868	,50513	,255	,282	,475
REANALYSIS	3,9849	,06053	1,63663	2,679	2,140	1,431
GLDAS	1,7991	,02515	,67995	,462	,611	,546
Total	2,4104	,03302	1,54654	2,392	4,342	1,833

Prueba de Levene para Reanalysis

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Evapotranspiración real	Equal variances assumed	401,403	,000	-40,059	1460	,000	-2,53777	,06335	-2,66204	-2,41350
	Equal variances not assumed			-40,059	867,827	,000	-2,53777	,06335	-2,66211	-2,41343

Prueba de Levene para GLDAS

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Evapotranspiración real	Equal variances assumed	59,952	,000	-11,232	1460	,000	-,35189	,03133	-,41334	-,29043
	Equal variances not assumed			-11,232	1347,637	,000	-,35189	,03133	-,41335	-,29043

Spearman para FTEC y REANALYSIS

Correlations

			FTEC	REANALYSIS
Spearman's rho	FTEC	Correlation Coefficient	1,000	-,021
		Sig. (2-tailed)	.	,562
		N	731	731
	REANALYSIS	Correlation Coefficient	-,021	1,000
		Sig. (2-tailed)	,562	.
		N	731	731

Spearman para TFEC y GLDAS

Correlations

			FTEC	GLDAS
Spearman's rho	FTEC	Correlation Coefficient	1,000	-,095*
		Sig. (2-tailed)	.	,010
		N	731	731
	GLDAS	Correlation Coefficient	-,095*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,010	.
		N	731	731

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).