R.LTWB - SECTION 04

Análisis espacial de variables climatológicas Mapa de evapotranspiración real

https://github.com/jlgingcivil/R.LTWB.CS2120

CS2021

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	2
2.	Objetivo General	2
3.	Actividad 1: Procesamiento en software	2
4.	ACTIVIDAD 2: Otras Ecuaciones	10
5.	ACTIVIDAD 2: COMPARACIÓN ETP vs ETR	12
6.	Conclusiones	
7.	Referencias Bibliográficas	14
	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	
llus	stración 3-1. Resultados Mapa ETR Compuesto Budyko	3
llus	stración 3-2. Resultados Mapa ETR Niña Budyko	3
	stración 3-3. Resultados Mapa ETR Niño Budyko	
	stración 3-4. Resultados Mapa ETR Neutral Budyko	
	stración 3-5. Resultados Mapa ETR Compuesto Dekop	
	stración 3-6. Resultados Mapa ETR Niña Dekop	
llus	stración 3-7. Resultados Mapa ETR Niño Dekop	<i>6</i>
llus	stración 3-8. Resultados Mapa ETR Neutral Dekop	7
llus	stración 3-9. Resultados Mapa ETR Compuesto Turc	8
llus	stración 3-10. Resultados Mapa ETR Niña Turc	8
llus	stración 3-11. Resultados Mapa ETR Niño Turc	9
llus	stración 3-12. Resultados Mapa ETR Neutral Turc	9
llus	stración 4-1. Interpolación Método Countagne	11
llus	stración 4-2. Interpolación Método Factor Regional	12
llus	stración 5-1. Diferencia ETP Cenicafé vs. ETR Budyko	12
llus	stración 5-2. Diferencia ETP Cenicafé vs. ETR Dekop	13
llus	stración 5-3. Diferencia ETP Cenicafé vs. ETR Turc	13

CS2021

1. INTRODUCCIÓN

Se continua con curso Balance hidrológico de largo plazo para estimación de caudales medios usando SIG - LWTB con el desarrollo de la sección 4 Análisis espacial de variables climatológicas. A continuación, se presenta en cada numeral las actividades realizadas de acuerdo con cada capítulo de la sección de estudio, incluyendo el resumen de actividades, logros alcanzados y capturas de pantalla ejercicios realizados. Se ha de los creado el repositorio https://github.com/jlgingcivil/R.LTWB.CS2021 para la inclusión de los archivos y documentos de las actividades desarrolladas.

2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general en esta sección es crear los mapas de evapotranspiración real a partir de métodos y ecuaciones empíricas (Budyko, Turc y Dekop) cuya variables son los mapas de precipitación, temperatura o evapotranspiración potencial.

3. ACTIVIDAD 1: PROCESAMIENTO EN SOFTWARE

El primer método para creación de los mapas de evapotranspiración corresponde al de Budyko

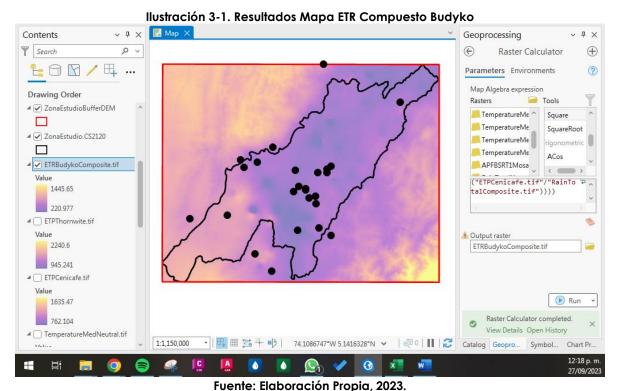
$$ETR = \left(\left(ETP \cdot P \cdot \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \right) * \left(\left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) \right) + \left(senh\left(\frac{ETP}{P}\right) \right) \right) \right)^{0.5}$$

Donde,

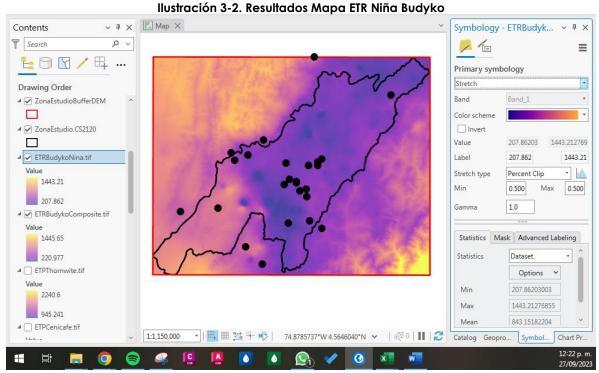
ETP: evapotranspiración potencial, mm/año

P: precipitación total, mm/año

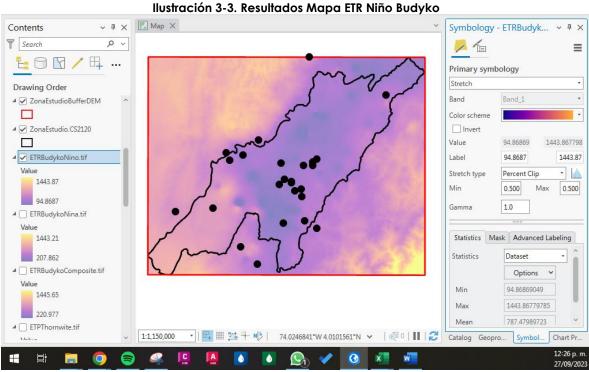
Usando la herramienta algebra de mapas y con las ecuaciones definidas se genera la grilla para los mapas de evapotranspiración real para cada fenómeno climatológico.



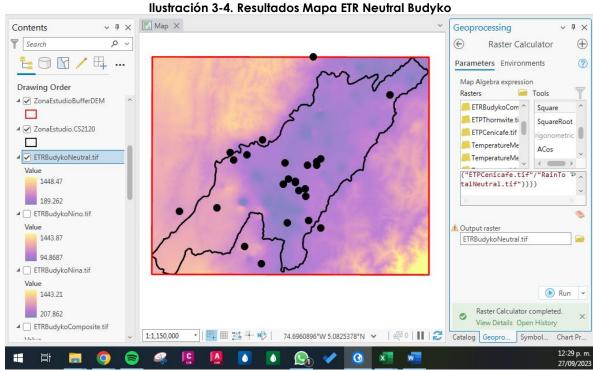
• ,



CS2021



Fuente: Elaboración Propia, 2023.



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

En la siguiente tabla se muestra los rangos de los resultados obtenidos por el método de Budyko.

CS2021

Tabla 3-1. Resultados Método Budyko

Fenómeno	Mínimo	Máximo
Compuesto	220.977	1445.65
Niña	207.862	1443.21
Niño	94.8687	1443.87
Neutral	189.262	1448.47

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Otro método para el cálculo de la evapotranspiración corresponde al de Deko, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$ETR = ETP * tanh(P / ETP)$$

Donde:

ETP: evapotranspiración potencial, mm/año

P: precipitación total, mm/año

Ilustración 3-5. Resultados Mapa ETR Compuesto Dekop ^ 1 X Contents Geoprocessing Search Search (1 Raster Calculator **造 0 图 / 耳 ...** Parameters Environments Map Algebra expression Drawing Order Rasters Tools ■ CNE_IDEAM_OE_ZE_Rain ETRBudykoNina ^ Square ETRBudykoCom ETPThornwite.ti SquareRoot rigonometric 🏽 Distribution of AggNino ETPCenicafe.tif TemperatureMe ■ ZonaEstudioBufferDEM < -> ETPCENICATE.LIT ("RainTotalComposite.tif"/ ⊋ ■ ZonaEstudio.CS2120 "ETPCenicafe.tif") ■ ETRDekopComposite.tif Value 1 Output raster 1551.34 ETRDekopComposite.tif 220.236 ■ ETRBudykoNeutral.tif Value 1448.47 Run 🗸 Raster Calculator completed. 189.262 View Details Open History ■ ETRBudykoNino.tif - | 🖳 🍱 🏂 - - N | 74.5318625°W 4.0121142°N → | 🚳 0 | 11 | 😂 Catalog Geopro... 1:1,150,000

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

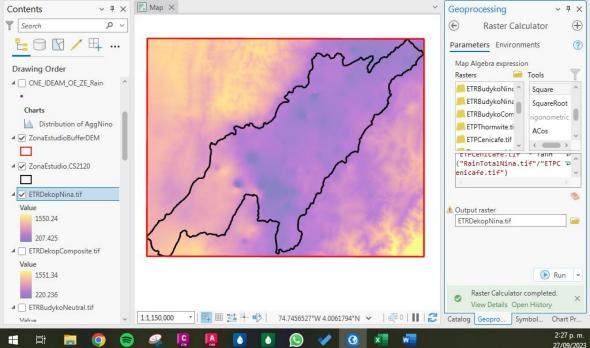
Ħŧ

JORGE LUIS GONZÁLEZ CASTRO CC: 1032395475

CS2021

27/09/2023

llustración 3-6. Resultados Mapa ETR Niña Dekop $_{
m Map}$ imes



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-7. Resultados Mapa ETR Niño Dekop Map X Contents ~ 1 × ~ 1 × Geoprocessing Search Search 1 Raster Calculator 量 1 1 / 耳 ... Parameters Environments (?) Drawing Order Tools ▲ CNE_IDEAM_OE_ZE_Rain ETRBudykoNeu ^ Square ETRBudykoNinc SquareRoot Charts ETRBudykoNina Distribution of AggNino ETRBudykoCom ACos ETPThornwite.ti V ■ ZonaEstudioBufferDEM ETPCENICATE.CIT ("RainTotalNino.tif"/"ETPC ⊋ ▲ ✓ ZonaEstudio.CS2120 enicafe.tif") ▲ ETRDekopNino.tif Value ⚠ Output raster 1550 33 ETRDekopNino.tif 94.7885 ■ ETRDekopNina.tif Value 1550.24 Nun ✓ Raster Calculator completed. 207.425 View Details Open History ▲ ETRDekopComposite.tif - | ■ 🍱 - N | 74.8909135°W 4.0058559°N 🗸 | 🚳 0 | 💵 | 🥰 1:1,150,000 Catalog Geopro... Symbol... Chart Pr...

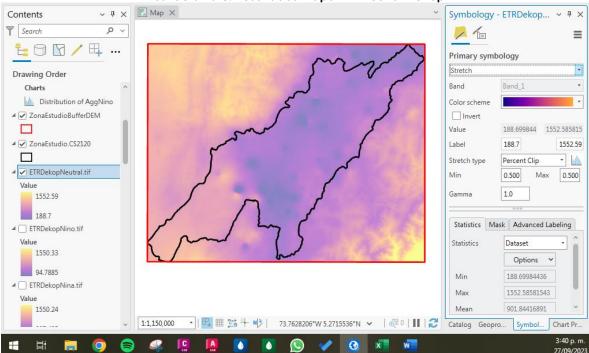


Ilustración 3-8. Resultados Mapa ETR Neutral Dekop

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

En la siguiente tabla se muestra los rangos de los resultados obtenidos por el método de Dekop.

Tabla 3-2. Resultados Método Dekop

Fenómeno	Mínimo	Máximo
Compuesto	220.236	1551.34
Niña	207.425	1550.24
Niño	94.7885	1550.33
Neutral	188.7	1552.59

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

El siguiente método para el cálculo de la evapotranspiración corresponde al de Turc.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

P: precipitación total, mm/año

 $L: L = 300 + 25T + 0.05T^3$

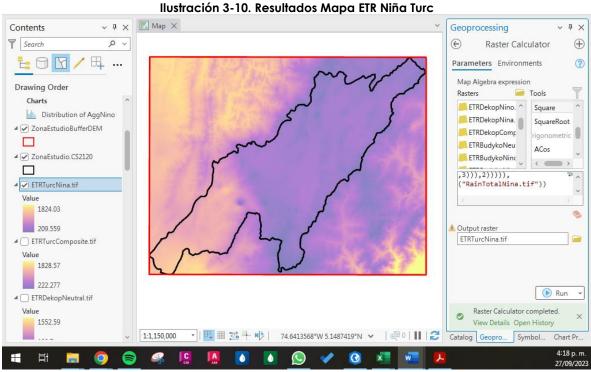
CS2021

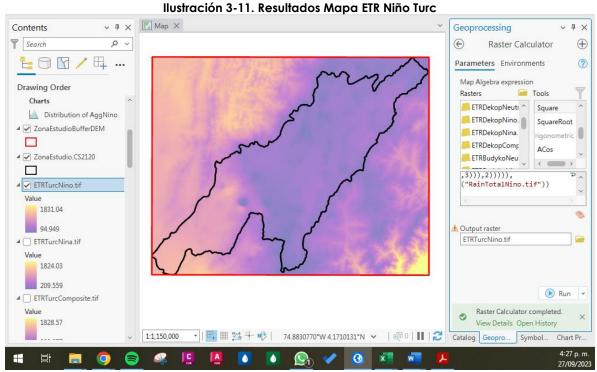
Ilustración 3-9. Resultados Mapa ETR Compuesto Turc Contents Map X ~ 1 × Geoprocessing Search Search 0 ~ 0 1 Raster Calculator t 0 V / F ... Parameters Environments ? Map Algebra expression Drawing Order Charts ETRDekopNina. ^ Square Distribution of AggNino ETRDekopComp SquareRoot ■ ZonaEstudioBufferDEM ETRBudykoNeu ETRBudykoNinc ACos ETRBudykoNina Company ■ ZonaEstudio.CS2120 ("RainTotalComposite.tif") P , ▲ ETRTurcComposite.tif Value 1828.57 222.277 Output raster ETRTurcComposite.tif ■ ETRDekopNeutral.tif 1552.59 188 7 ▶ Run ▼ ■ ETRDekopNino.tif Raster Calculator completed. 1550.33 View Details Open History ▼ | 🖳 🏥 🏂 🕂 🕪 | 74.7681587°W 5.3328140°N 🗸 | 🚭 0 | 📗 | 🎜 Catalog Geopro... Symbol... Chart Pr...

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

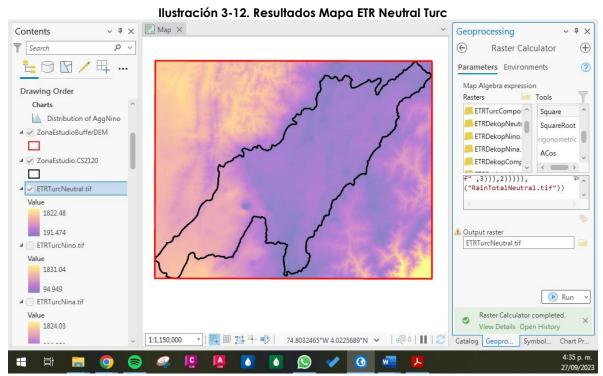
0

0





Fuente: Elaboración Propia, 2023.



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

En la siguiente tabla se muestra los rangos de los resultados obtenidos por el método de Turc.

CS2021

Tabla 3-3. Resultados Método Turc

Fenómeno	Mínimo	Máximo
Compuesto	222.277	1828.57
Niña	209.559	1824.03
Niño	94.949	1831.04
Neutral	191.474	1822.48

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

4. ACTIVIDAD 2: OTRAS ECUACIONES

Otros autores como Countagne y métodos como el de Factor Regional han desarrollado ecuaciones para el cálculo de la evapotranspiración real con variables como temperatura y precipitación.

• Ecuación de Countagne:

$$ETR = P - \lambda P^2 \qquad \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$$

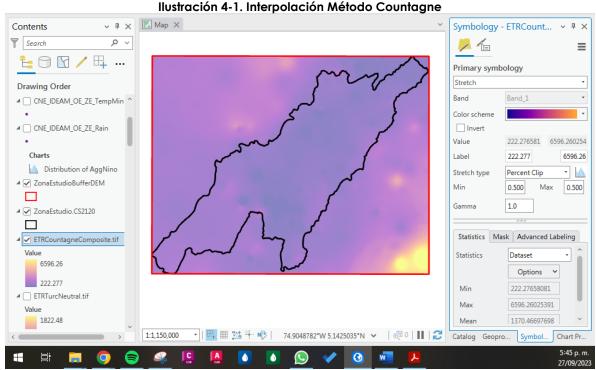
Donde: ETR = evapotranspiración real en m/año.

P = Precipitación en m.

T = temperatura media anual.

Por medio del mapa de precipitación y temperatura generado en las actividades anteriores, a través de algebra de mapas en ArcGIS Pro se realiza el cálculo de los valores para la zona de estudio. expresión utilizada -(1/(0.8+0.14* "TemperatureMedComposite.tif"))* Con(("RainTotalComposite.tif") Square("RainTotalComposite.tif")>0,("RainTotalComposite.tif") -(1/(0.8+0.14* Square("RainTotalComposite.tif"/1000), "TemperatureMedComposite.tif"))* "RainTotalComposite.tif").

CS2021



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Los valores mínimos obtenidos son similares a los métodos estudiados anteriormente, sin embargo, los máximos no son coherentes por lo que este método se descarta.

• Ecuación Factor regional:

$$ETR = \frac{P}{\left(1 + \left(\frac{P}{Rn}\right)^{\alpha}\right)^{1/\alpha}}$$

Donde: ETR = evapotranspiración real en mm/año.

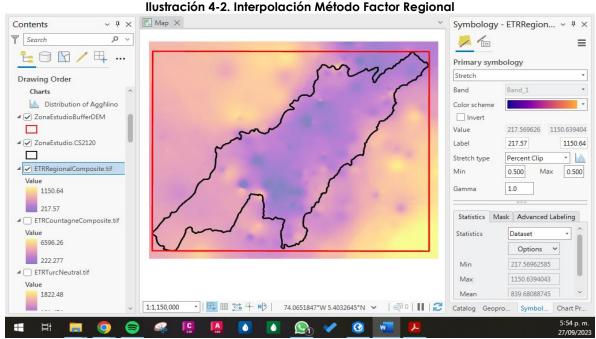
P = Precipitación en mm/año.

Rn = 1172.69 mm/año.

 $\alpha = 1.91$

Por medio del mapa de precipitación generado en las actividades anteriores, a través de algebra de mapas en ArcGIS Pro se realiza el cálculo de los valores para la zona de estudio. La expresión utilizada fue: "RainTotalComposite.tif"/ Power(1+ Power("RainTotalComposite.tif"/1172.69,1.91),1/1.91).

CS2021

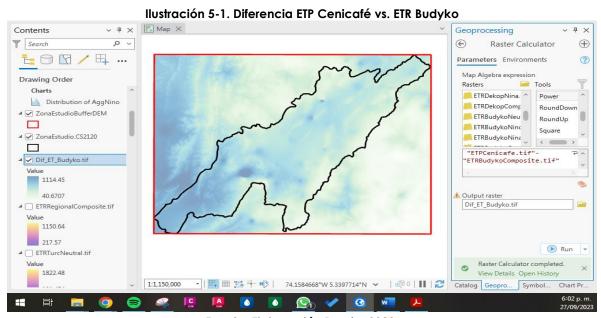


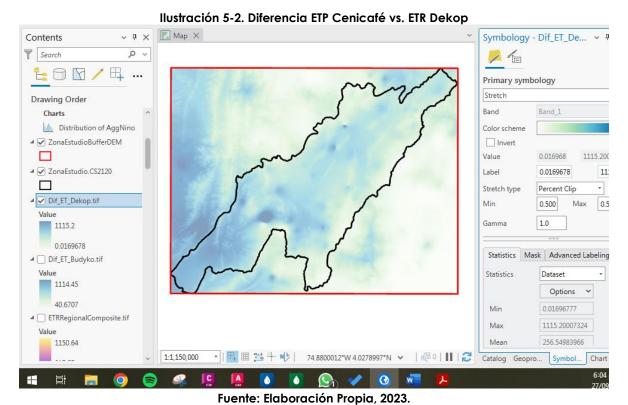
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

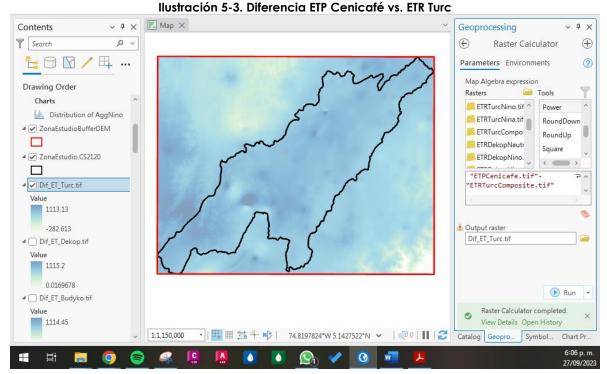
Se observa que la distribución espacial no es similar respecto al mapa generado con las ecuaciones de la guía de clase, aunque sus valores si se pueden considerar similares; es un método aplicable a la zona de estudio.

5. ACTIVIDAD 2: COMPARACIÓN ETP VS ETR

Utilizando algebra de mapas en ArcGIS Pro se calculó la diferencia de los mapas de fenómeno compuesto de ETR y ETP.







CS2021

Las principales diferencias se encuentran en los valores mínimos, especialmente en el método de Turc; esto probablemente asociado a que a diferencia de los otros métodos no utiliza el valor de la ETP como variable en la ecuación.

6. CONCLUSIONES

- Se realizó el ejercicio de construcción de mapas de evapotranspiración real por el método de Budyko, Turc y Dekop.
- Se investigó y comparó otras ecuaciones de evapotranspiración real aplicables en la zona de proyecto.
- Las principales diferencias entre la ETP y la ETR se presentan en los valores mínimos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RCFDTOOLS, 2023. Balance hidrológico de largo plazo para estimación de caudales medios usando SIG. Contenido del curso: https://github.com/rcfdtools/R.LTWB/tree/main/Section04/ETR.
- ROJO J., Sin fecha. ALGUNAS METODOLOGÍAS PARA CUANTIFICAR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN MEDIA MULTIANAUL EN COLOMBIA.