

# R.LTWB – SECTION 05

Balance hidrológico de largo plazo - LTWB  
Balance hidrológico distribuido usando SIG

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

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción .....	3
2.	Objetivo General .....	3
3.	Actividad 1: Procesamiento en software .....	3
4.	ACTIVIDAD 2: DEM ASTER Y SRTM .....	24
5.	ACTIVIDAD 3: OTROS MÉTODOS DE ETR.....	26
6.	Conclusiones.....	27
7.	Referencias Bibliográficas .....	27

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1. Creación mapa sección 5 .....	3
Ilustración 3-1. Capas a utilizar .....	4
Ilustración 3-1. RunoffPBudykoComposite.....	6
Ilustración 3-1. RunoffPBudykoNina.....	6
Ilustración 3-1. RunoffPBudykoNino.....	7
Ilustración 3-1. RunoffPBudykoNeutral .....	7
Ilustración 3-1. RunoffPDekopComposite .....	8
Ilustración 3-1. RunoffPDekopNina .....	8
Ilustración 3-1. RunoffPDekopNino .....	9
Ilustración 3-1. RunoffPDekopNeutral .....	9
Ilustración 3-1. RunoffPTurcComposite .....	10
Ilustración 3-1. RunoffPTurcNina .....	10
Ilustración 3-1. RunoffPTurcNino .....	11
Ilustración 3-1. RunoffPTurcNeutral.....	11
Ilustración 3-1. Prueba generación de caudales ArcGIS Pro .....	12
Ilustración 3-1. Ejecución Flow Accumulation ArcMap 10.2.2.....	12
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Budyko Composite .....	18
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Budyko Neutral .....	19
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Budyko Niña .....	19
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Budyko Niño .....	20
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Dekop Composite .....	20
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Dekop Neutral .....	21
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Dekop Niña .....	21
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Dekop Niño .....	22
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Turc Composite.....	22
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Turc Neutral.....	23
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Turc Niña .....	23
Ilustración 3-1. Resultados LTWB Turc Niño.....	24
Ilustración 4-2. LTWB DEM ASTER .....	25

Ilustración 4-2. LTWB DEM SRTM .....	25
Ilustración 4-2. RUNOFF ETR REGIONAL .....	26
Ilustración 4-2. LTWB ETR REGIONAL Composite.....	26

## 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 5 Balance Hidrológico a largo plazo LTWB. 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 de los ejercicios realizados. Se ha 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 calcular el caudal generado en cada celda de la cuenca de estudio según el mapa de acumulación y los mapas de precipitación y evapotranspiración real, esto para un año compuesto y por fenómeno climatológico.

## 3. ACTIVIDAD 1: PROCESAMIENTO EN SOFTWARE

La ecuación a utilizar para el cálculo de caudales por celda es:

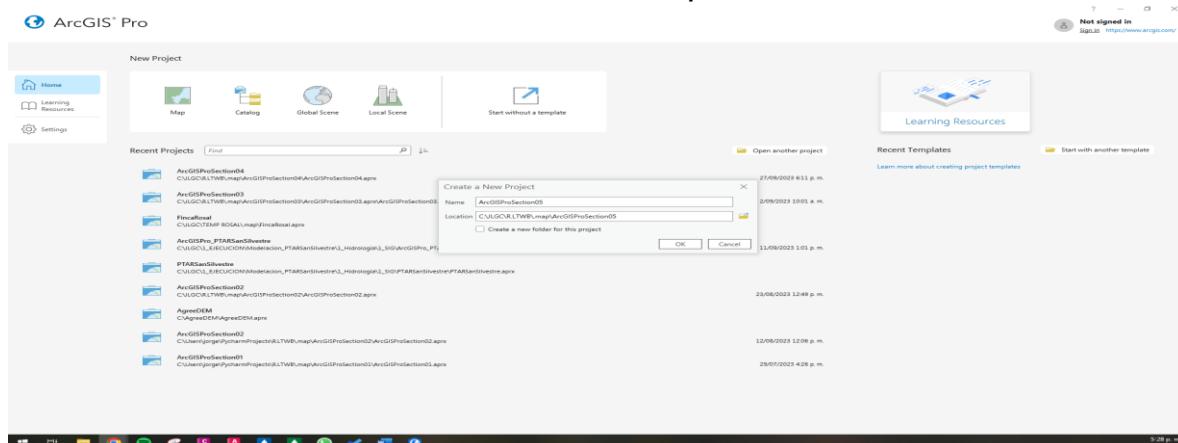
$$Qm = ((P - E) * A) / t$$

Donde:

- Qm = caudal medio ( $m^3/s$ )
- P = precipitación (mm/año)
- E = evapotranspiración real (mm/año)
- A = área de cada celda (m)
- t = segundos en un año (31.536.000.000)

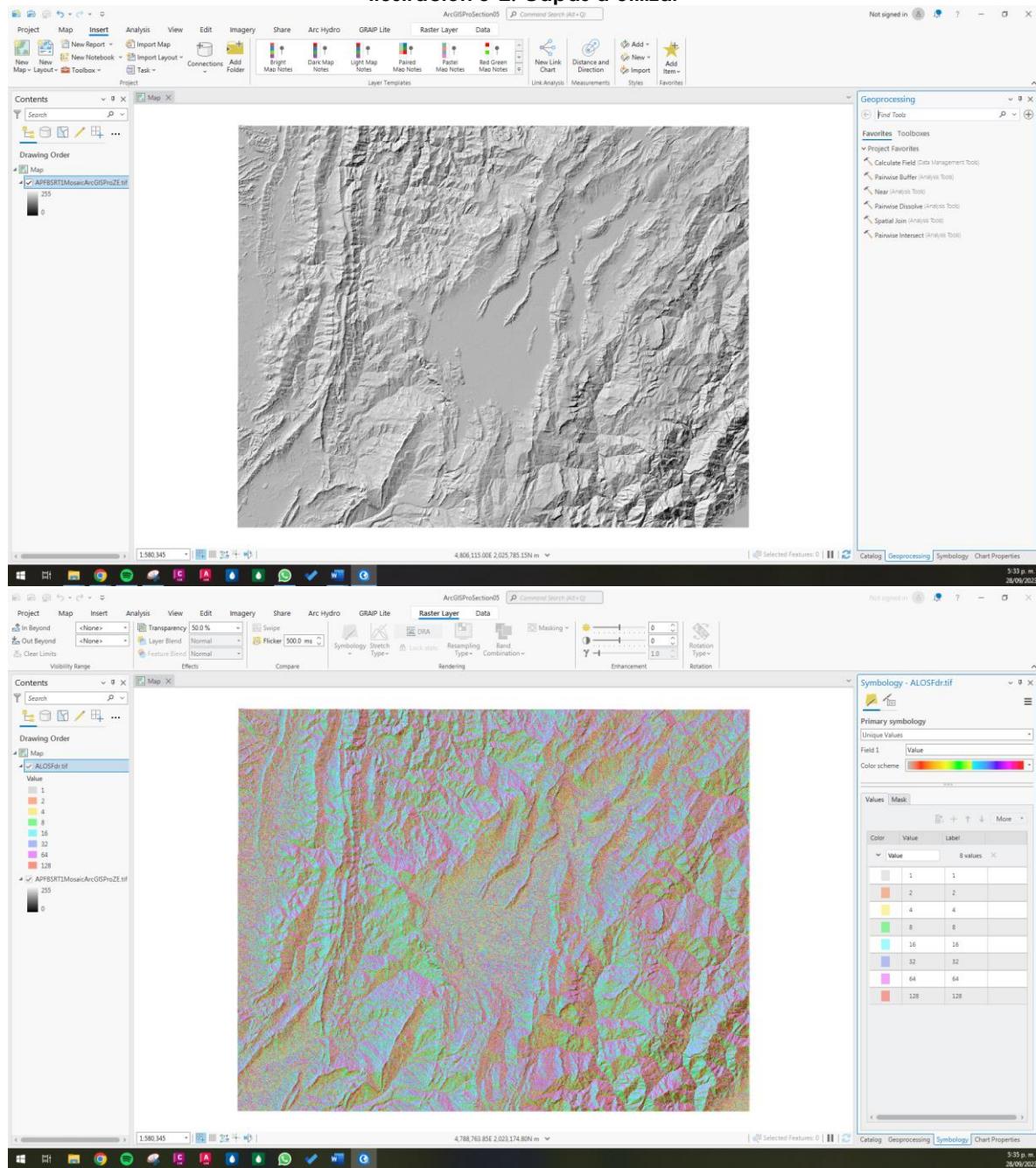
En primera medida se crea el mapa para esta sección del curso cargando las capas del DEM ALOS, Flow Direction, Precipitación y Evapotranspiración Real.

Ilustración 3-1. Creación mapa sección 5



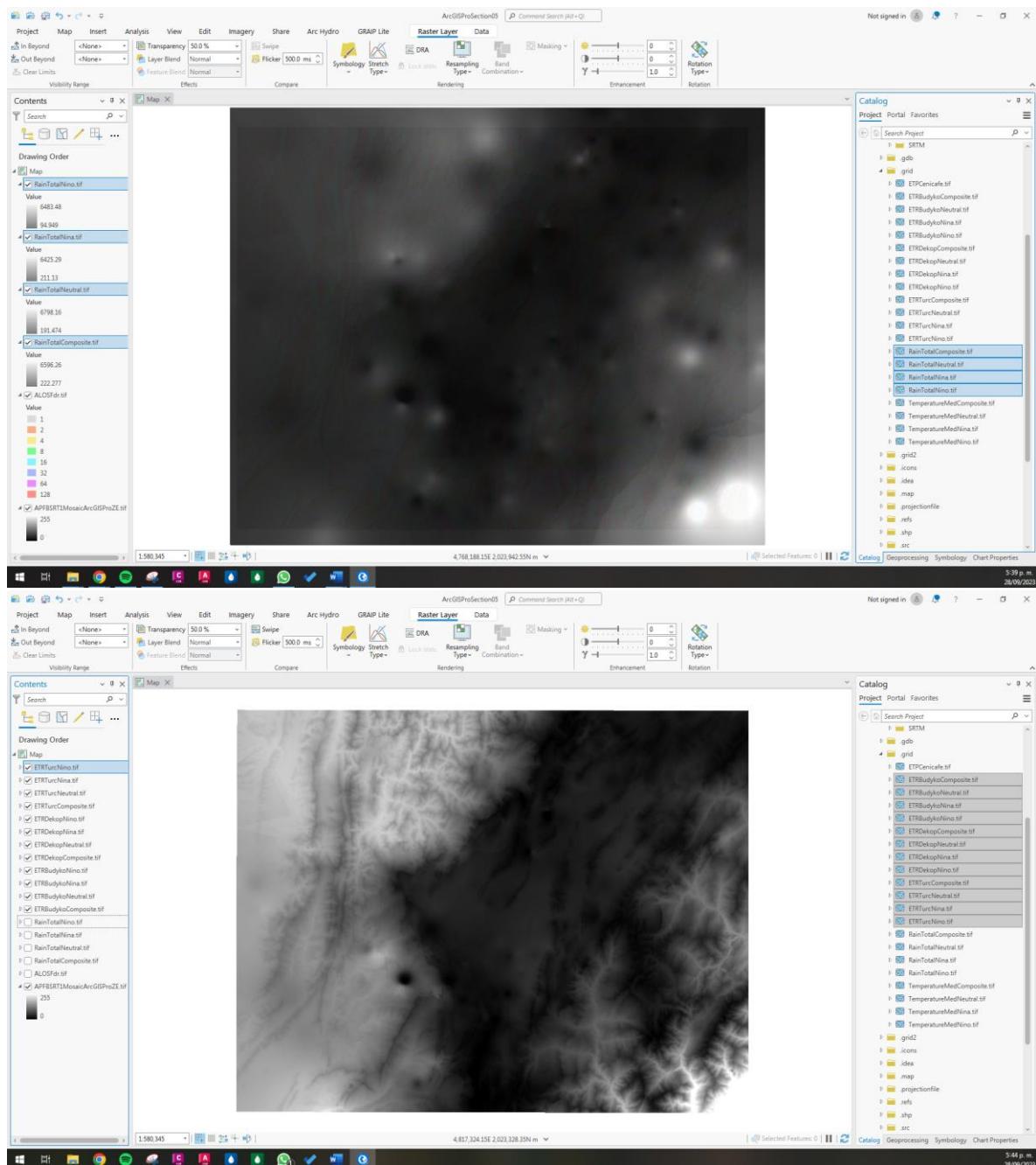
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-2. Capas a utilizar



## SECTION 05 BALANCE HIDROLÓGICO A LARGO PLAZO

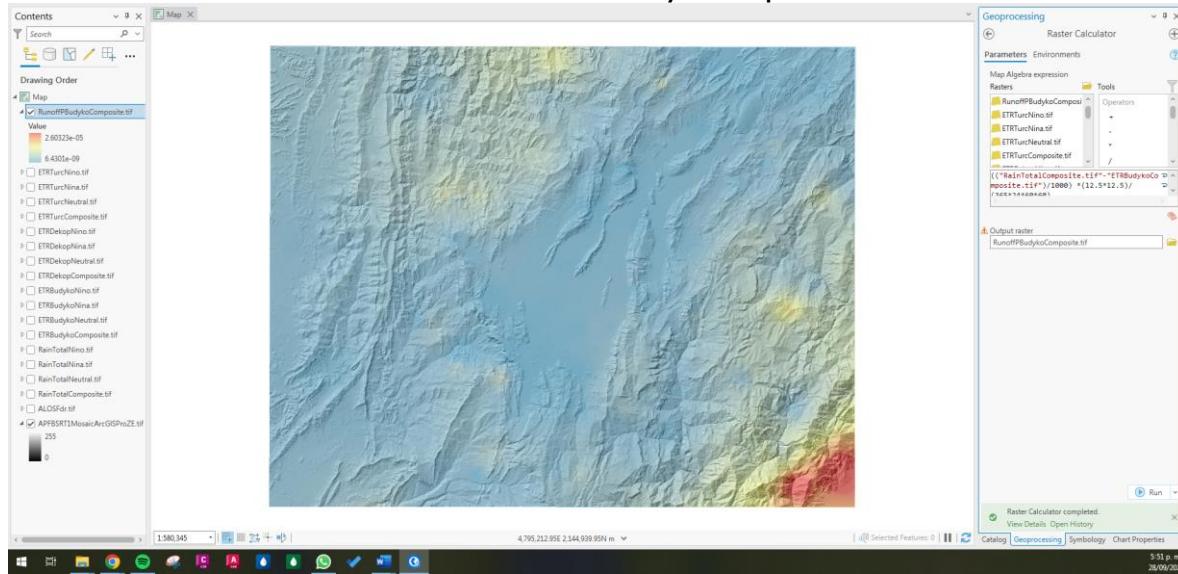
JORGE LUIS GONZÁLEZ CASTRO  
CC: 1032395475  
CS2021



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

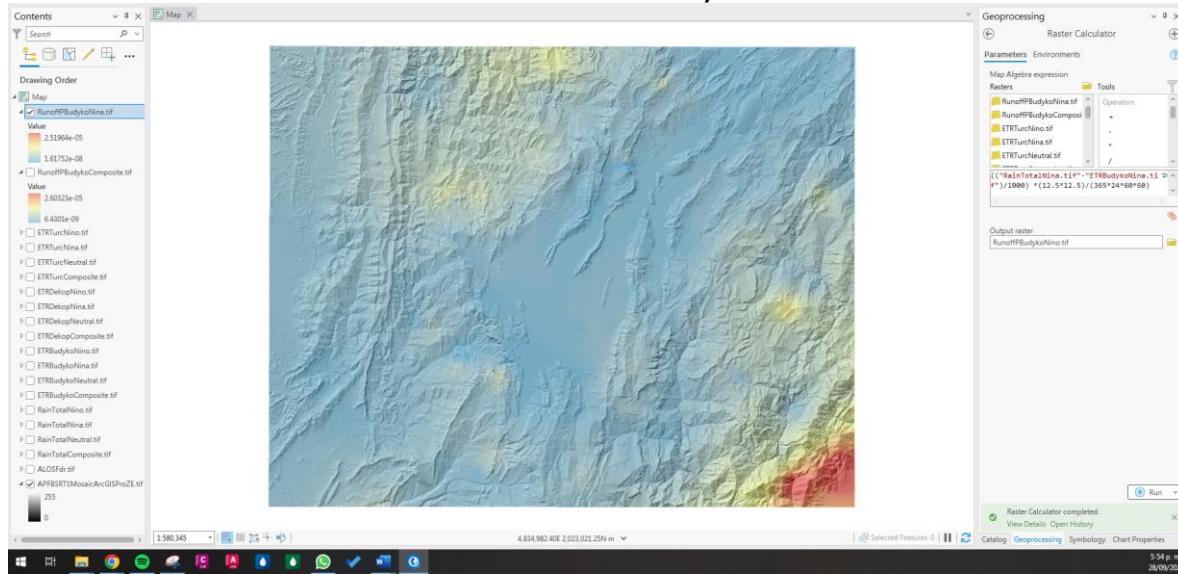
Posteriormente, a través de álgebra de mapas se realiza el cálculo del flujo de escurrimiento para cada fenómeno climatológico.

**Ilustración 3-3. RunoffPBudykoComposite**



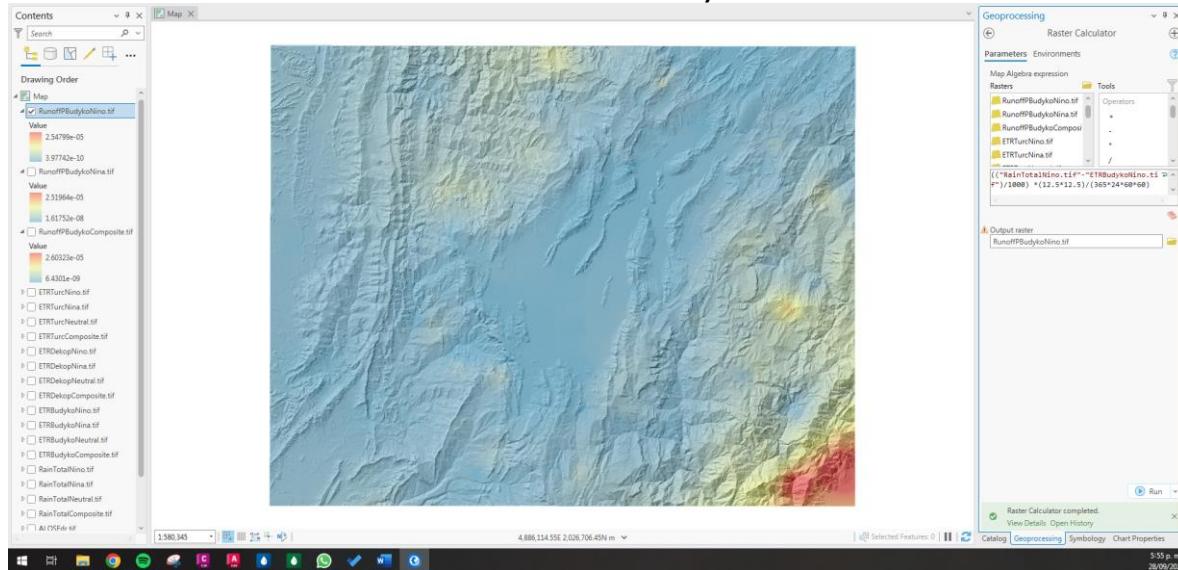
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

**Ilustración 3-4. RunoffPBudykoNina**



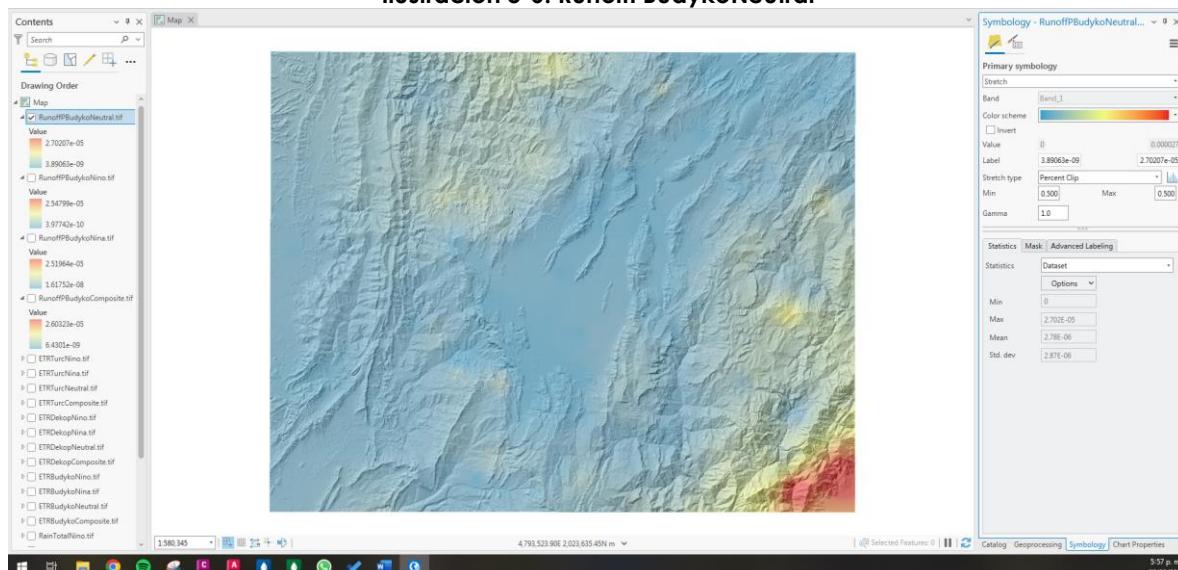
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-5. RunoffP BudykoNino



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-6. RunoffP BudykoNeutral



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

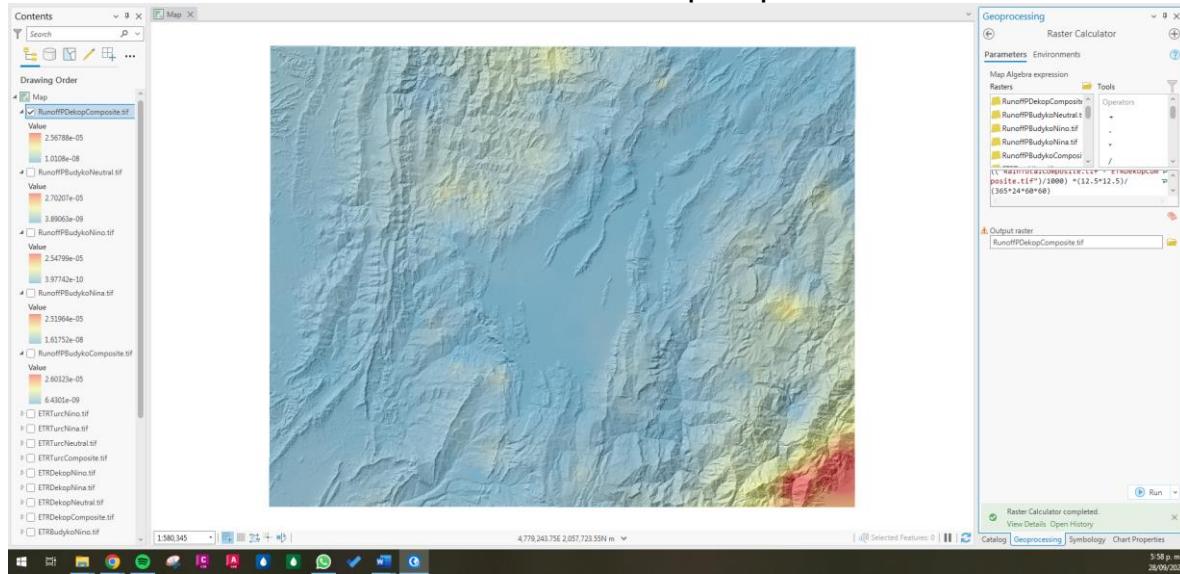
Los rangos obtenidos para el cálculo usando la ETR de Budyko son:

Tabla 3-1. Resultados Escorrentía - ETR Budyko

Fenómeno	Mínimo	Máximo
Compuesto	6.4301e-09	2.60323e-05
Niña	1.61752e-08	2.51946e-05
Niño	3.97742e-10	2.54799e-05
Neutral	3.89063e-09	2.70207e-05

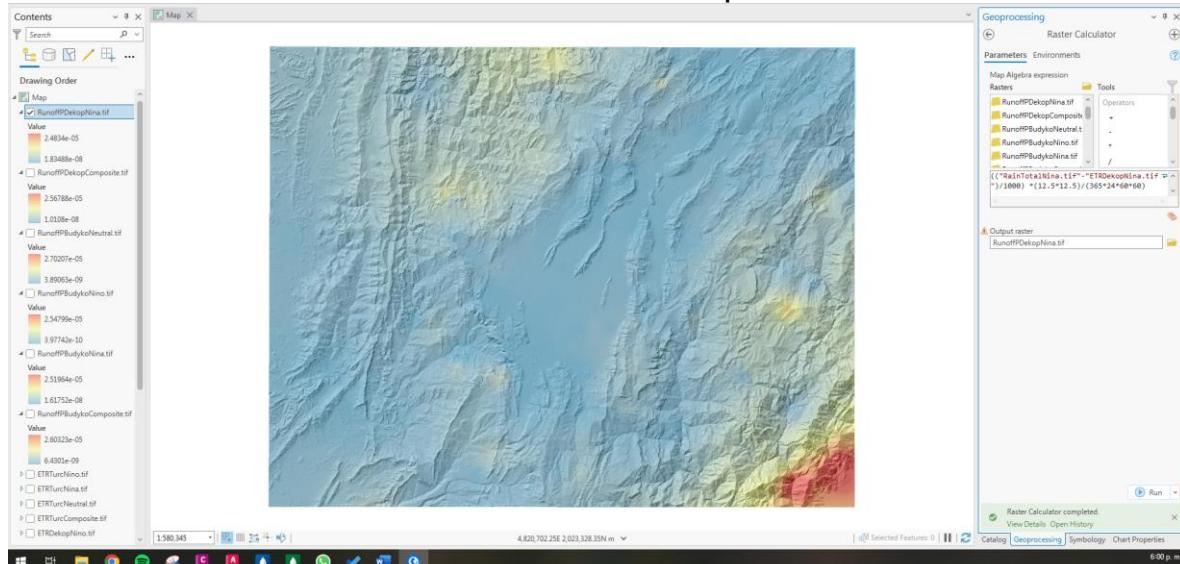
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-7. RunoffPDekopComposite



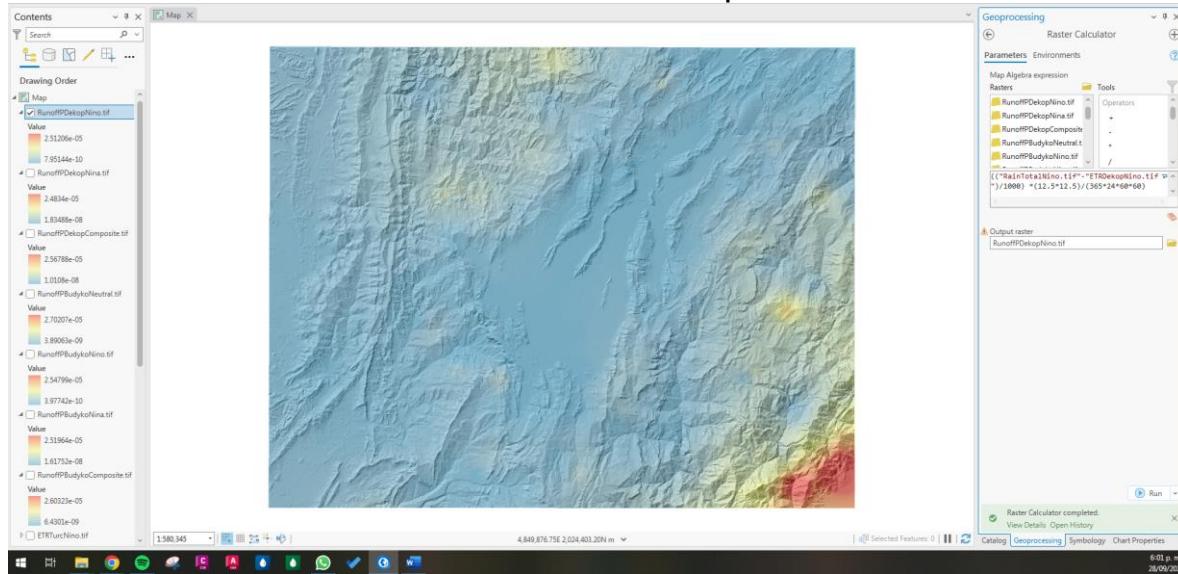
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-8. RunoffPDekopNina



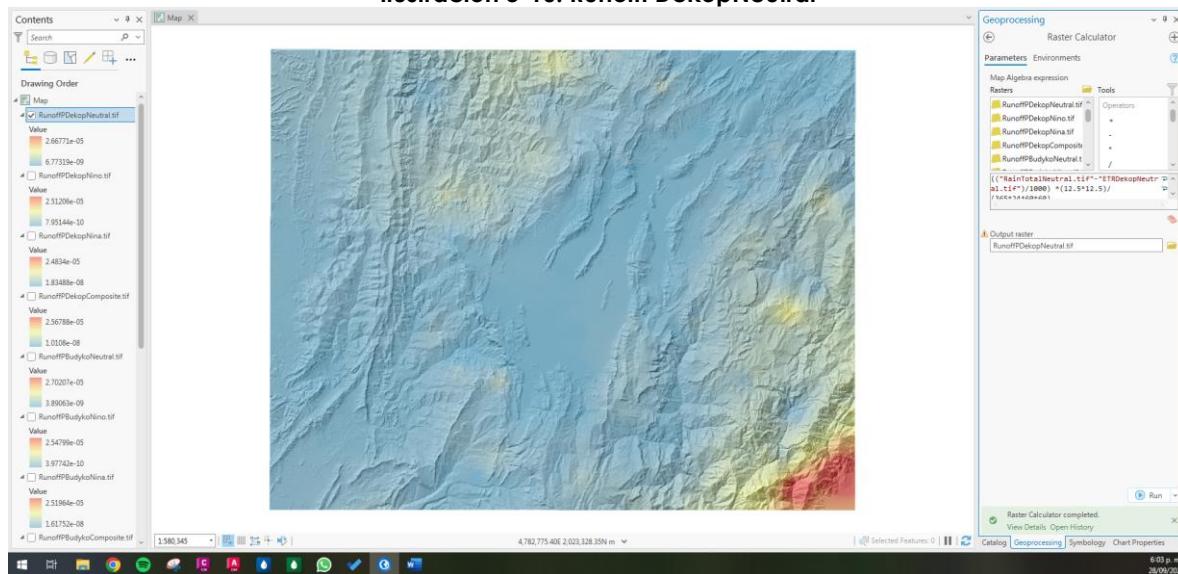
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-9. RunoffPDekopNiño



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-10. RunoffPDekopNeutral



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

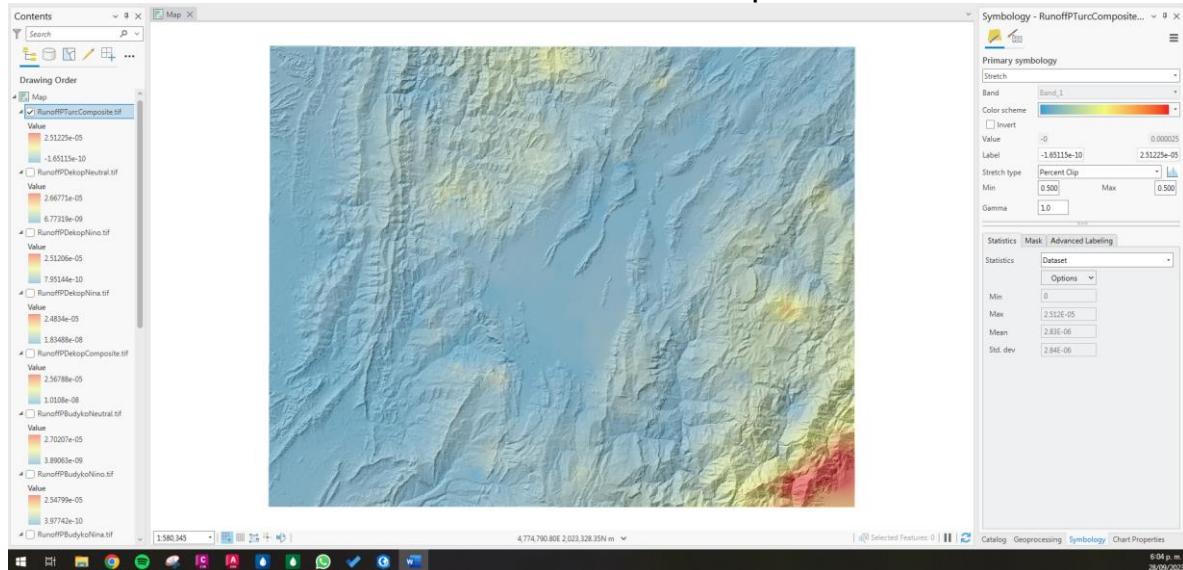
Los rangos obtenidos para el cálculo usando la ETR de Dekop son:

Tabla 3-2. Resultados Escorrentía - ETR Dekop

Fenómeno	Mínimo	Máximo
Compuesto	1.0108e-08	2.56788e-05
Niña	1.83488e-08	2.4834e-05
Niño	7.95144e-10	2.51206e-05
Neutral	6.77319e-09	2.66771e-05

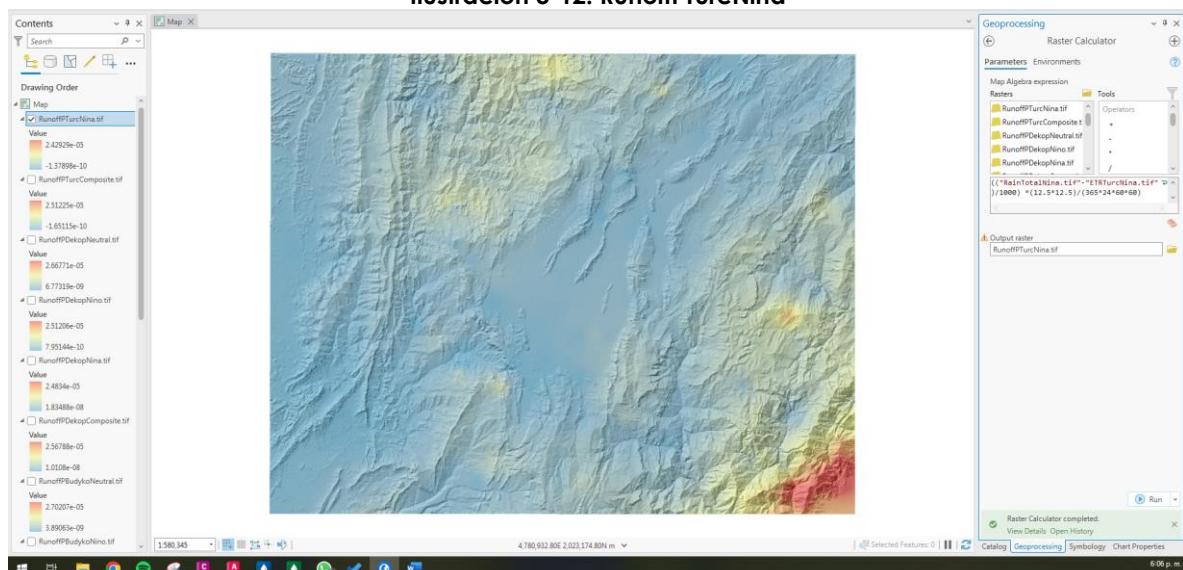
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-11. RunoffPTurcComposite



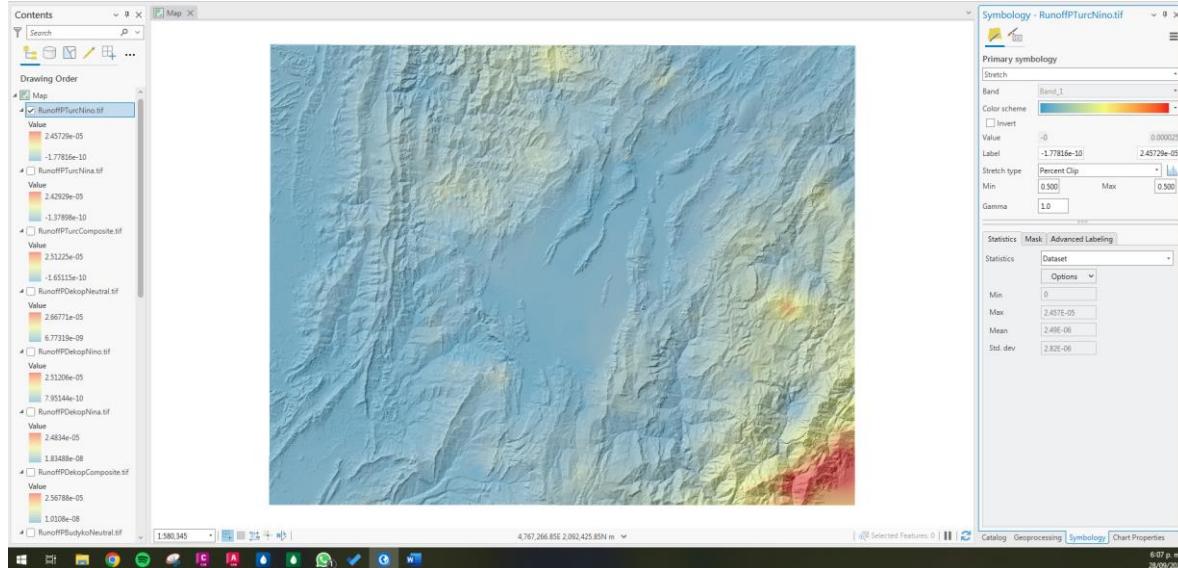
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-12. RunoffPTurcNina



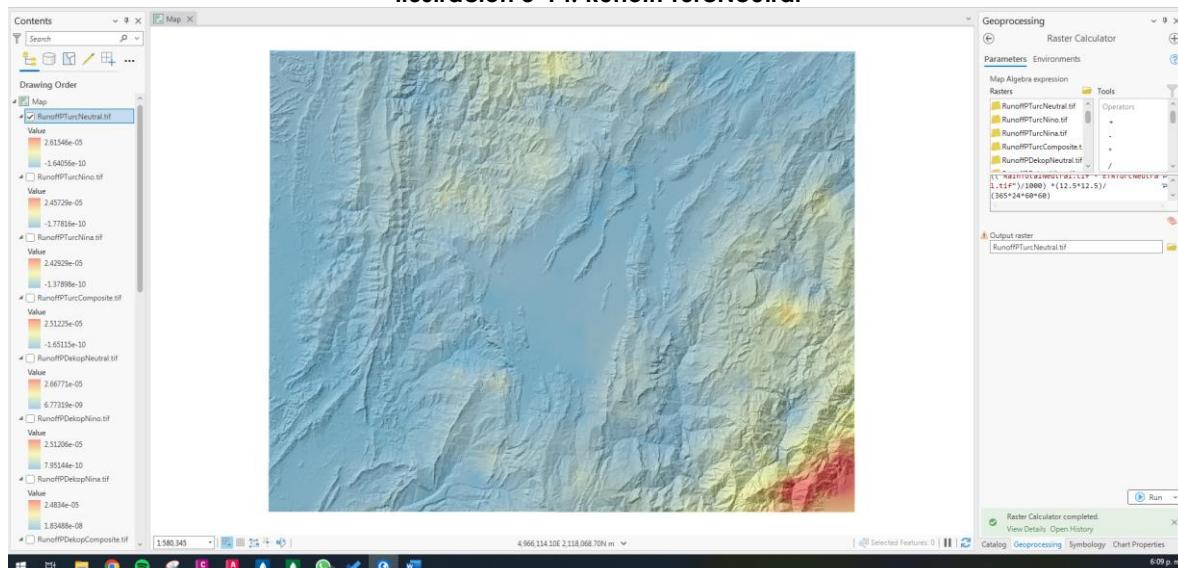
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-13. RunoffPTurcNino



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-14. RunoffPTurcNeutral



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Los rangos obtenidos para el cálculo usando la ETR de Turc son:

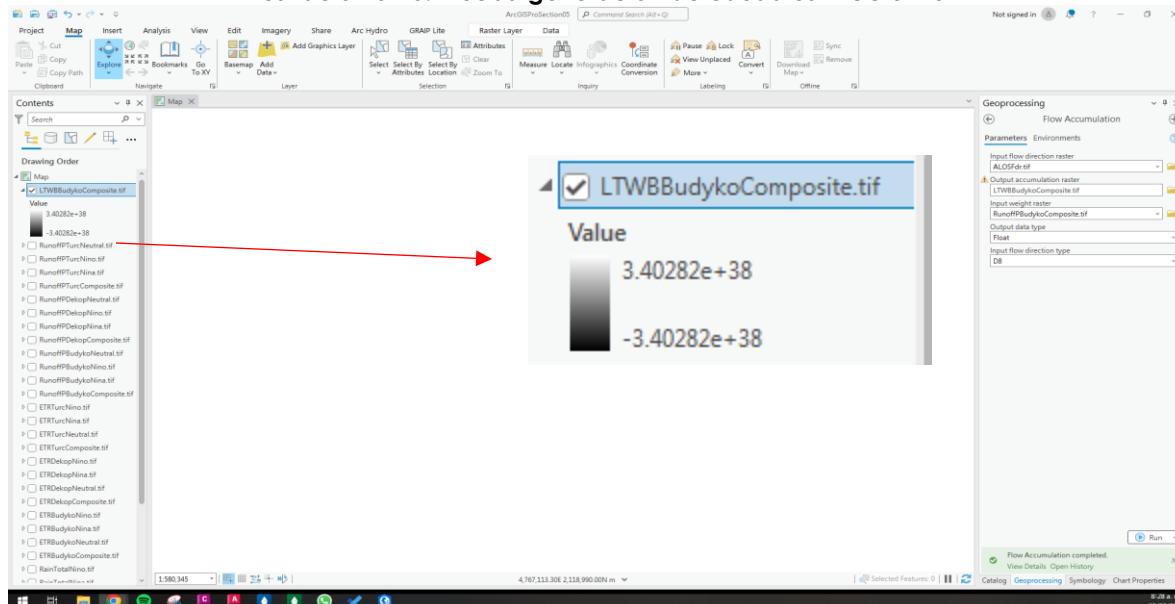
Tabla 3-3. Resultados Escorrentía - ETR Turc

Fenómeno	Mínimo	Máximo
Compuesto	-1.65115e-10	2.51225e-05
Niña	-1.37898e-10	2.42929e-05
Niño	-1.77816e-10	2.45729e-05
Neutral	-1.64056e-10	2.61546e-05

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Con estos insumos, se procede a la creación de los mapas de caudales medios en ArcGIS Pro, sin embargo, como se observa en la siguiente imagen el resultado del procesamiento no es correcto por lo que debe realizarse el ejercicio en ArcMAP 10.2.2.

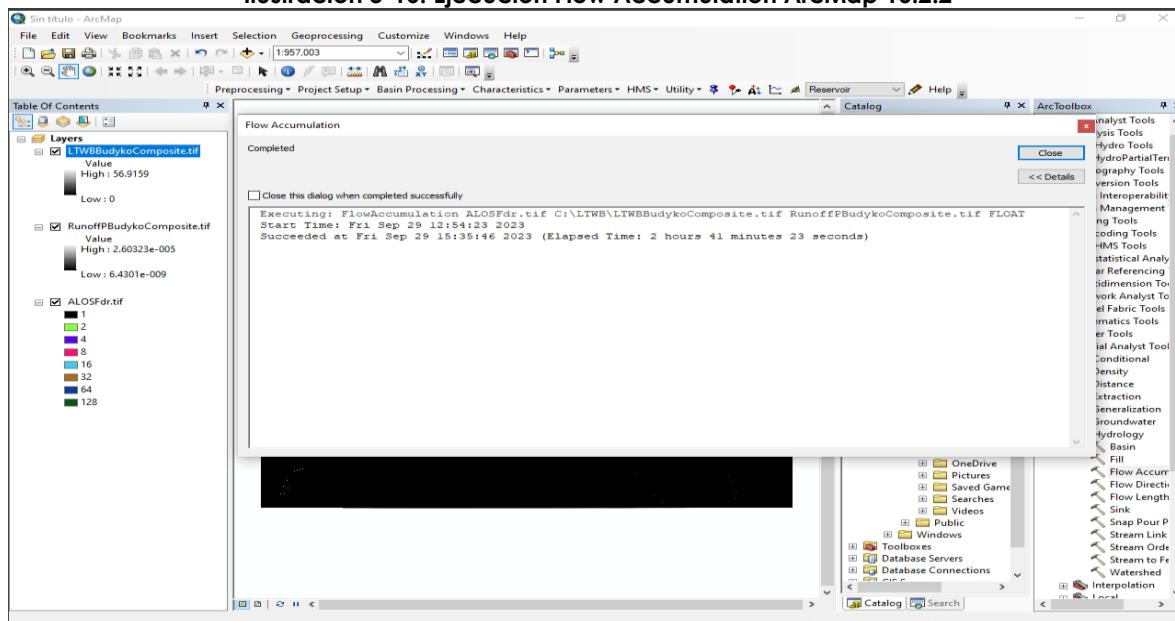
**Ilustración 3-15. Prueba generación de caudales ArcGIS Pro**



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

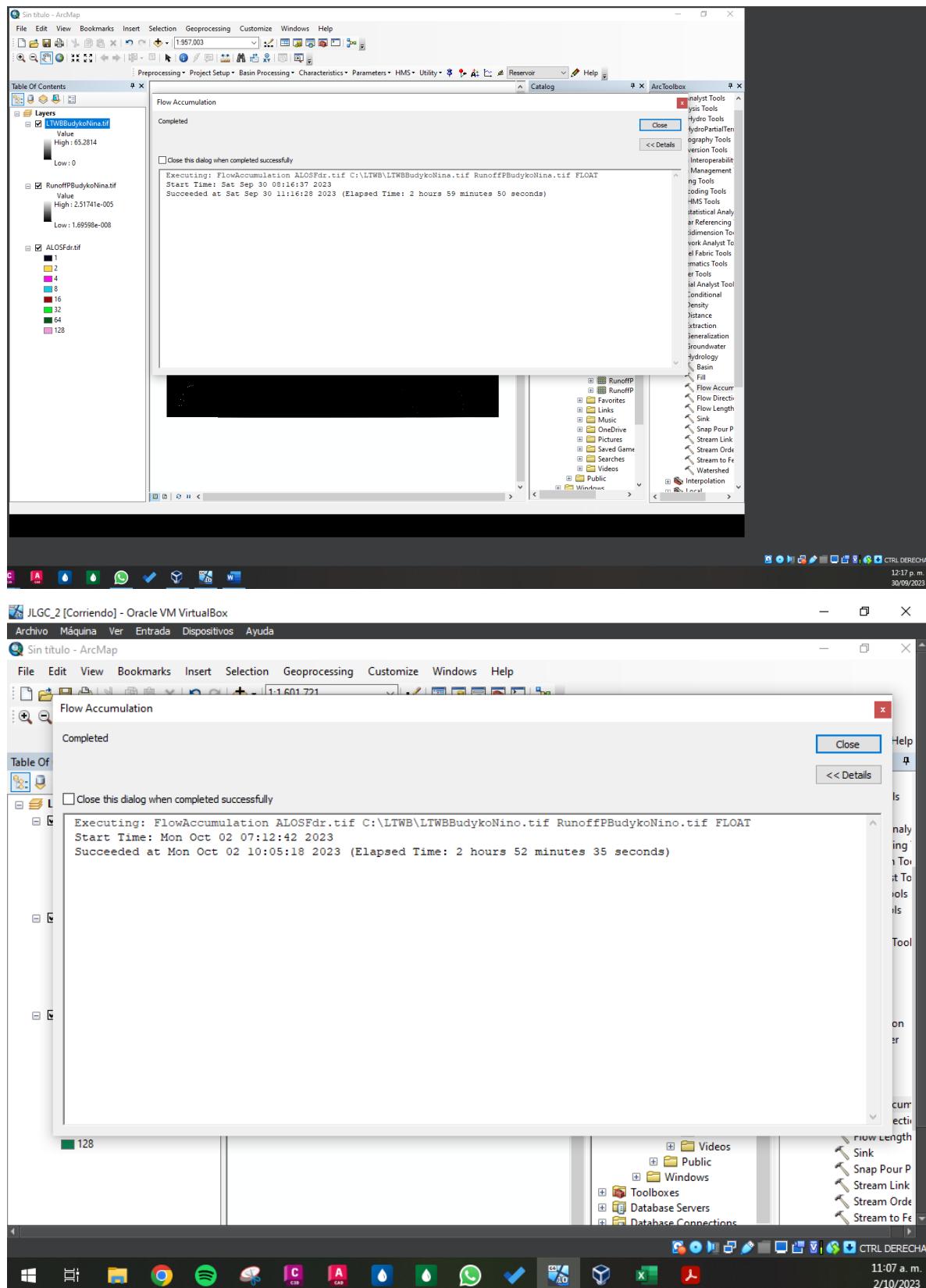
A continuación, se presenta la ventana de resultados de la ejecución del Flow Accumulation en ArcMap 10.2.2 donde se observa que el tiempo computacional fue hasta de 3 horas en algunos casos.

**Ilustración 3-16. Ejecución Flow Accumulation ArcMap 10.2.2**



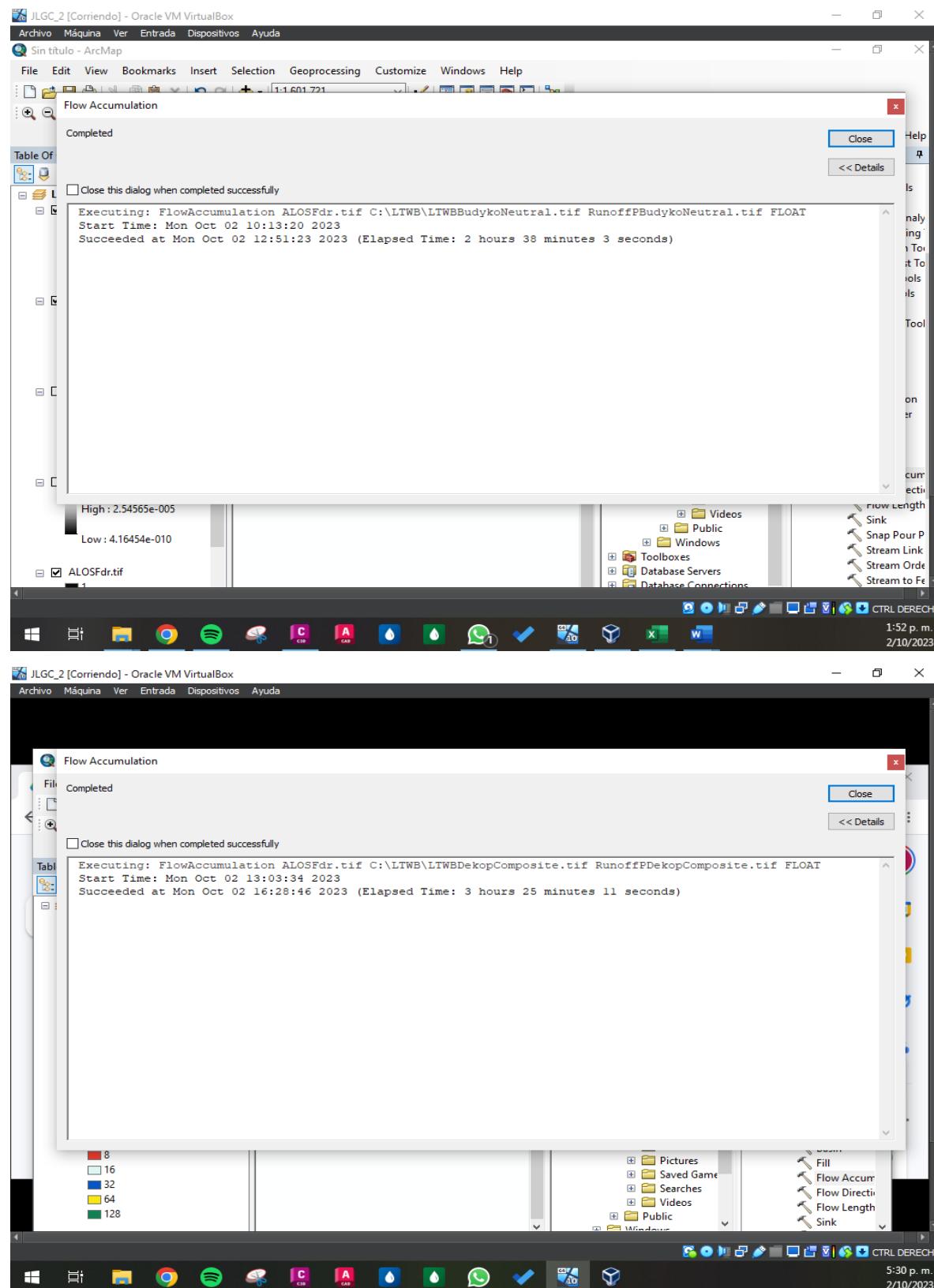
## SECTION 05 BALANCE HIDROLÓGICO A LARGO PLAZO

JORGE LUIS GONZÁLEZ CASTRO  
CC: 1032395475  
CS2021



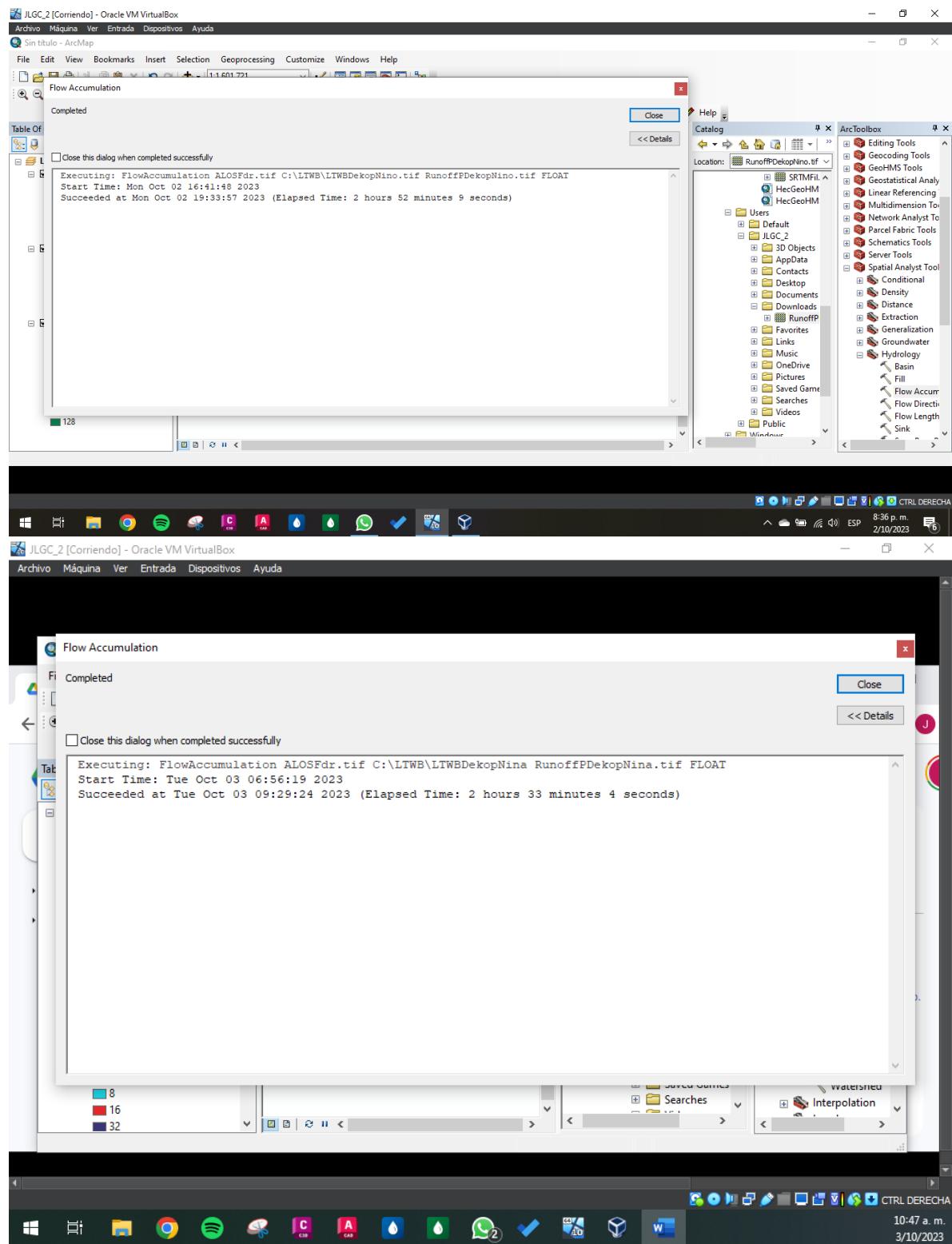
## SECTION 05 BALANCE HIDROLÓGICO A LARGO PLAZO

JORGE LUIS GONZÁLEZ CASTRO  
CC: 1032395475  
CS2021



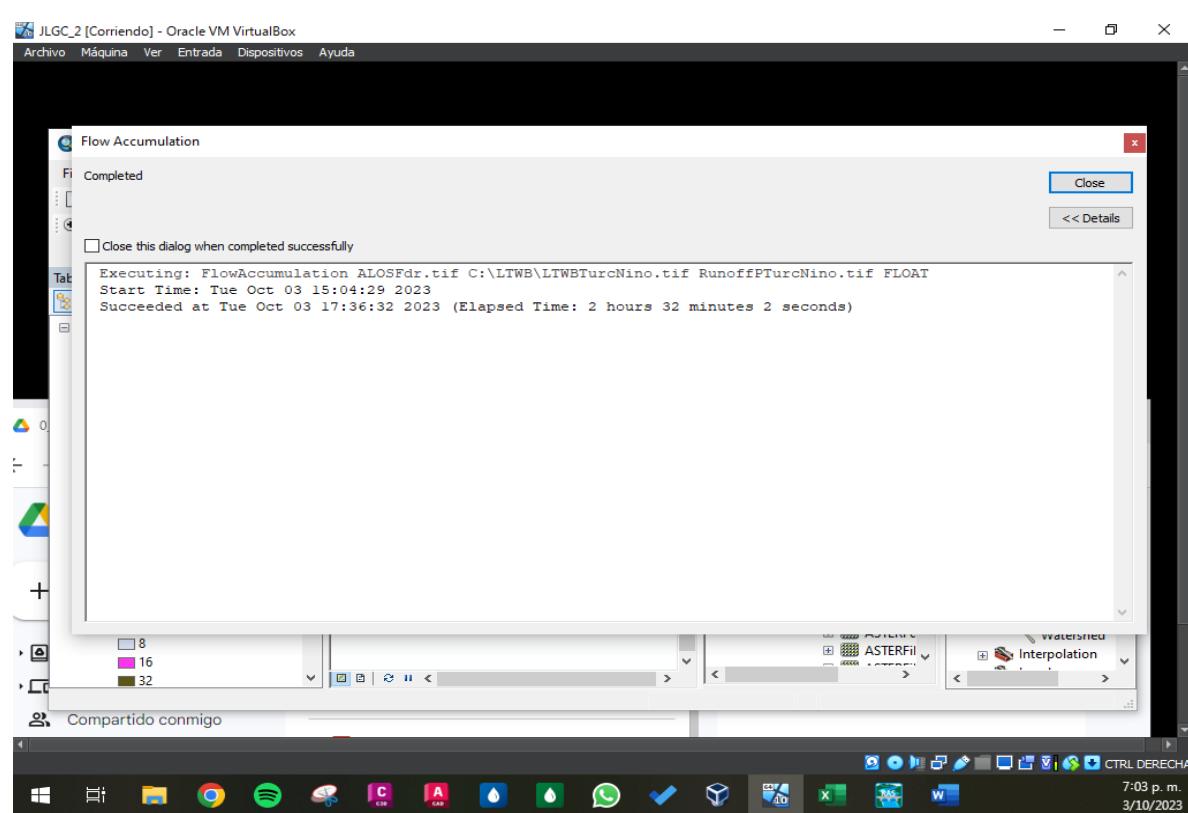
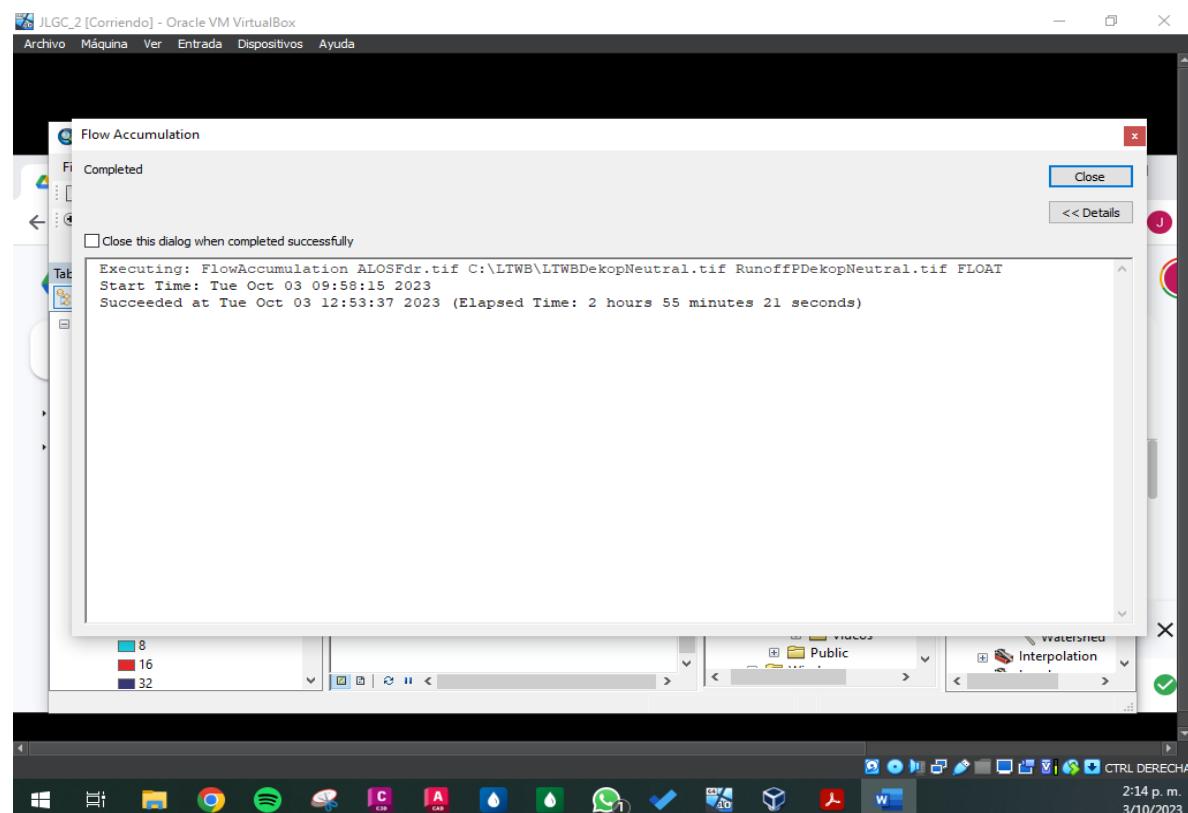
## SECTION 05 BALANCE HIDROLÓGICO A LARGO PLAZO

JORGE LUIS GONZÁLEZ CASTRO  
CC: 1032395475  
CS2021



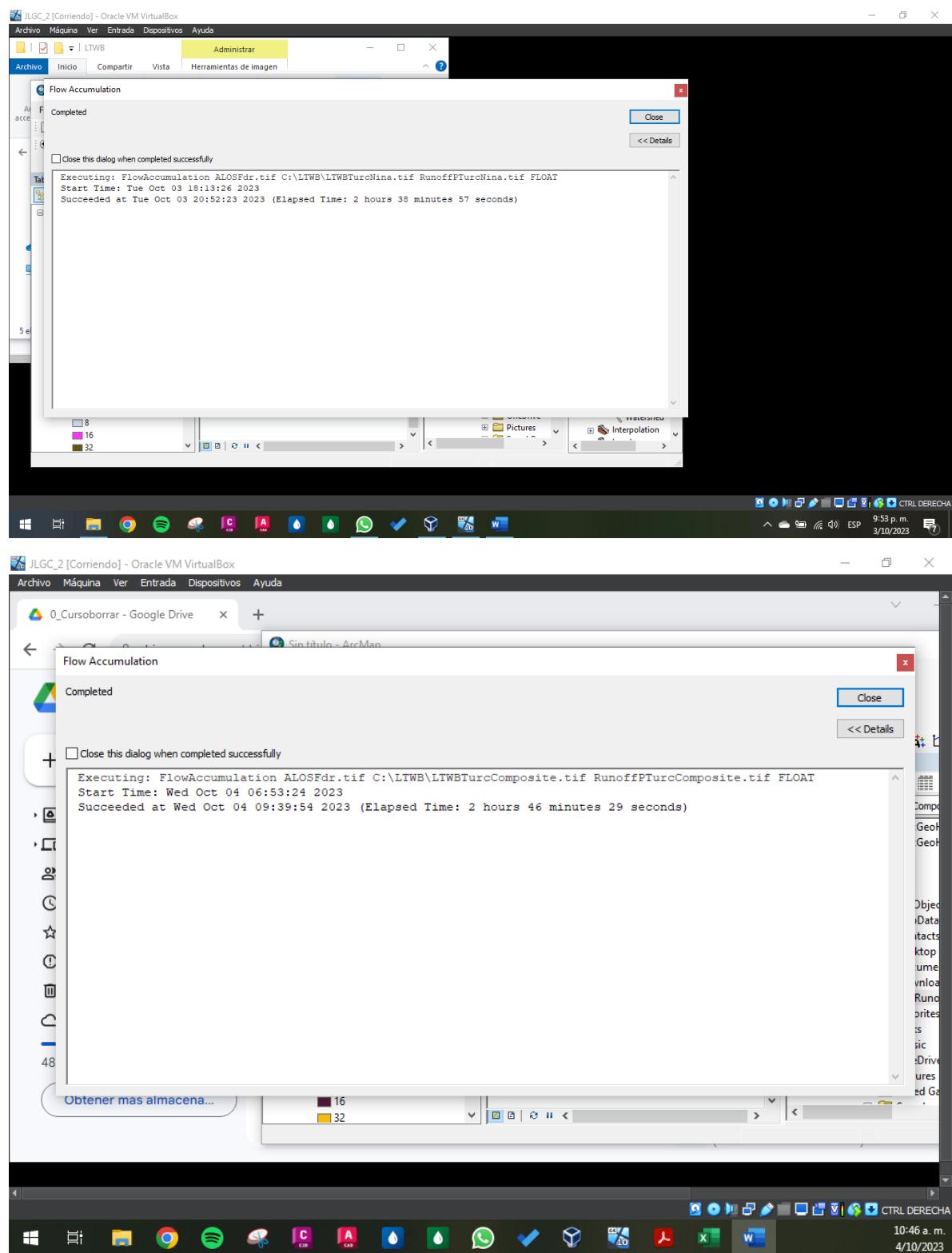
SECTION 05 BALANCE HIDROLÓGICO  
A LARGO PLAZO

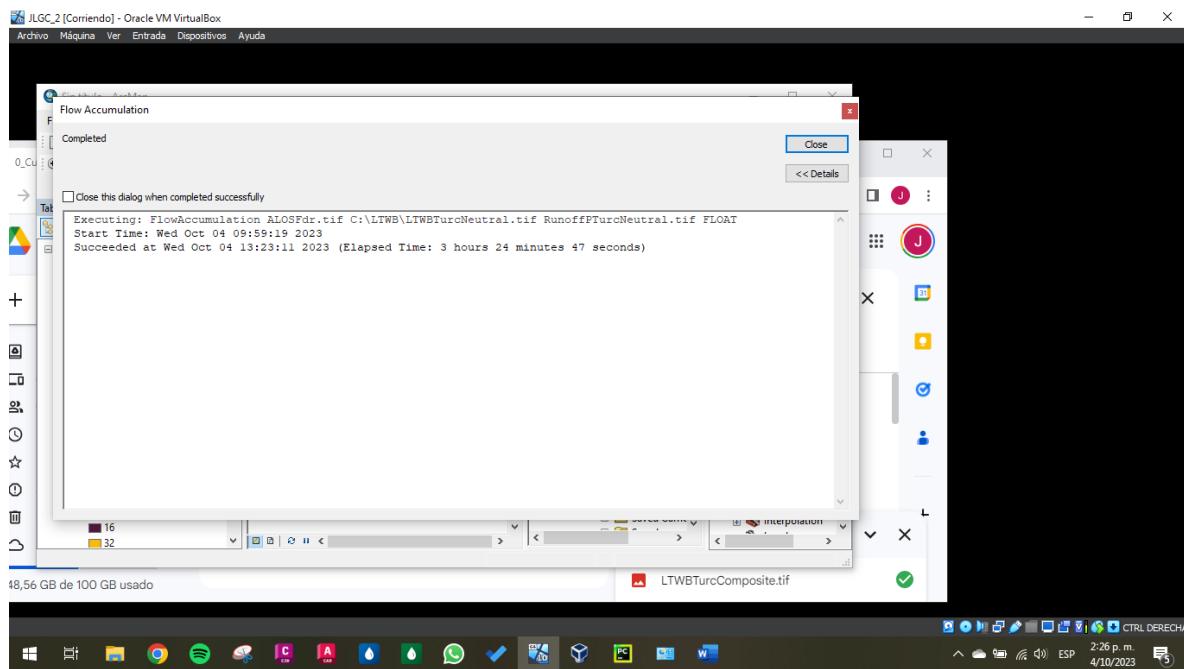
JORGE LUIS GONZÁLEZ CASTRO  
CC: 1032395475  
CS2021



## SECTION 05 BALANCE HIDROLÓGICO A LARGO PLAZO

JORGE LUIS GONZÁLEZ CASTRO  
CC: 1032395475  
CS2021

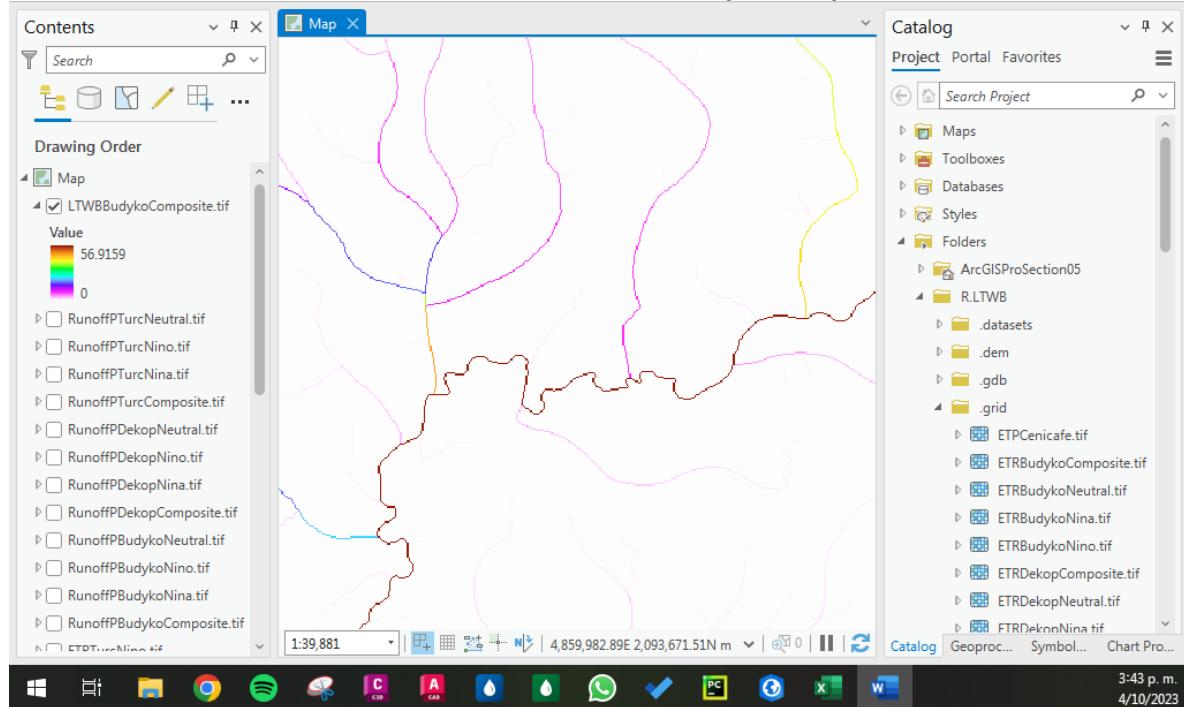




Fuente: Elaboración Propia, 2023.

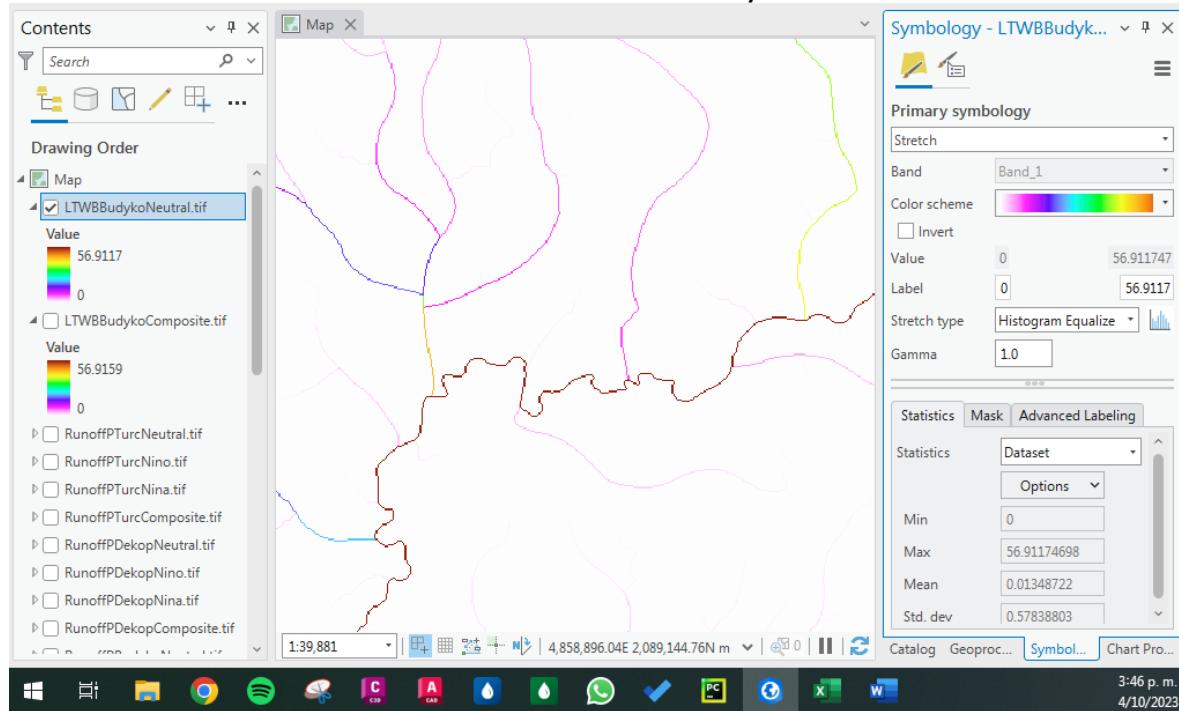
Una vez ejecutado el proceso en ArcMap, se cargan las capas en ArcGIS Pro, como se muestra en las siguientes imágenes.

Ilustración 3-17. Resultados LTWB Budyko Composite



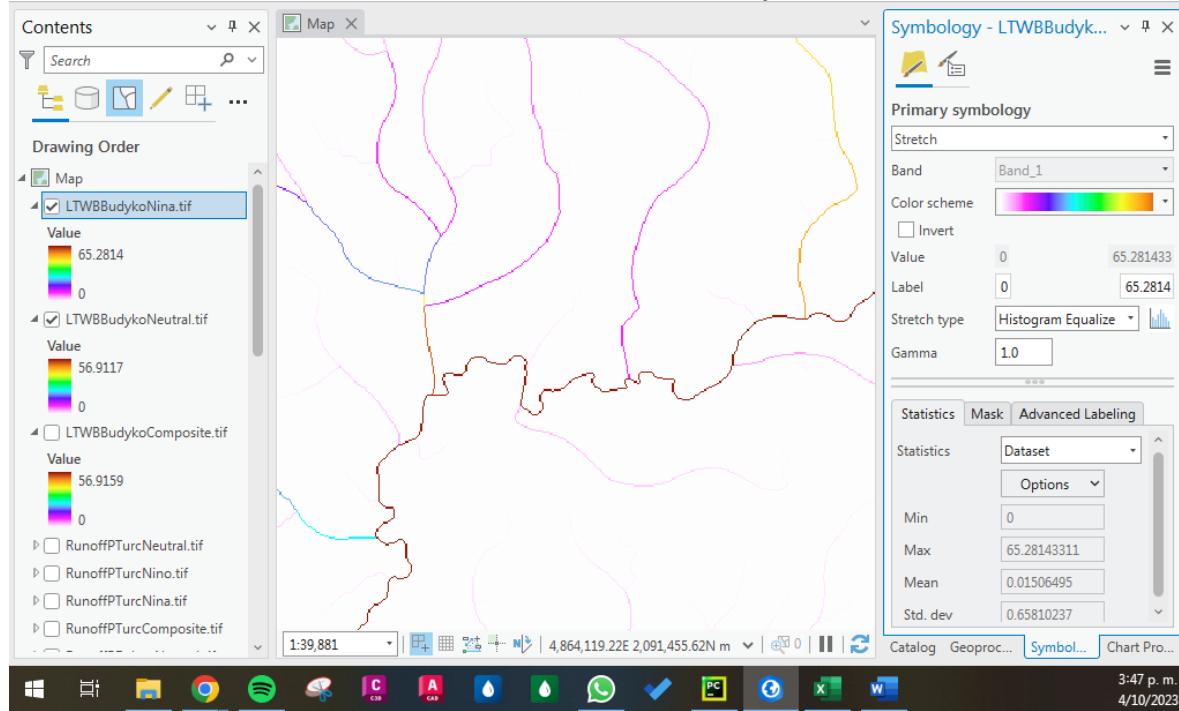
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-18. Resultados LTWB Budyko Neutral



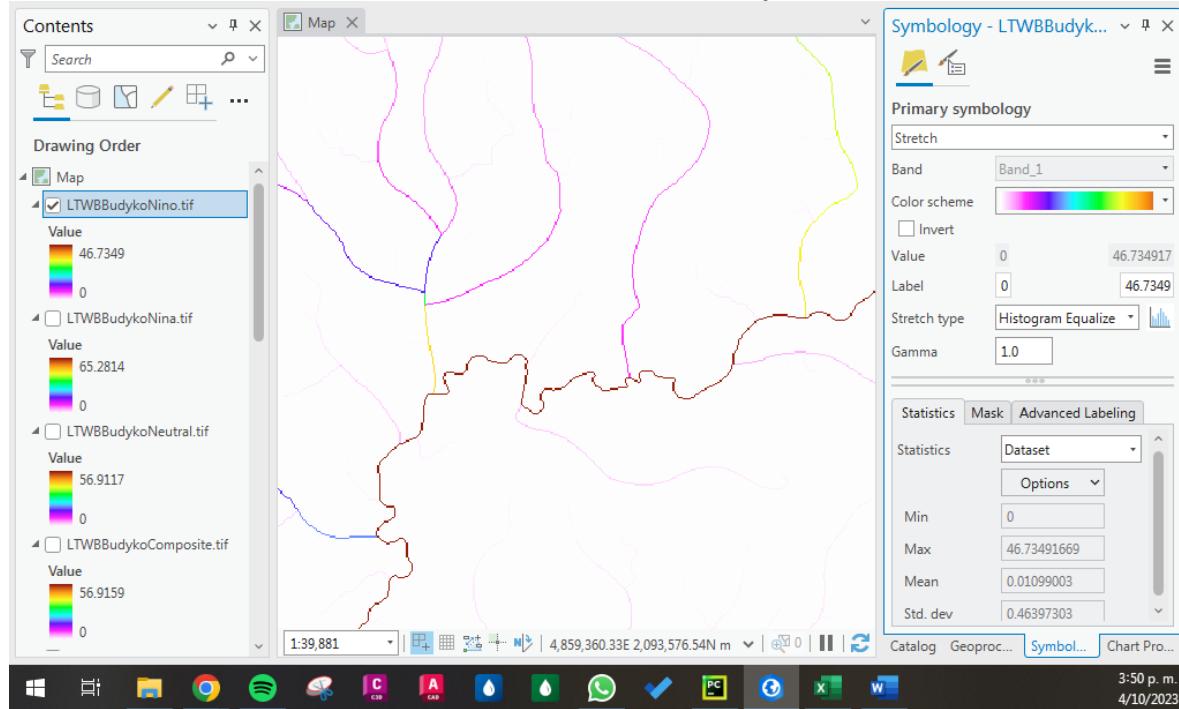
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-19. Resultados LTWB Budyko Niña



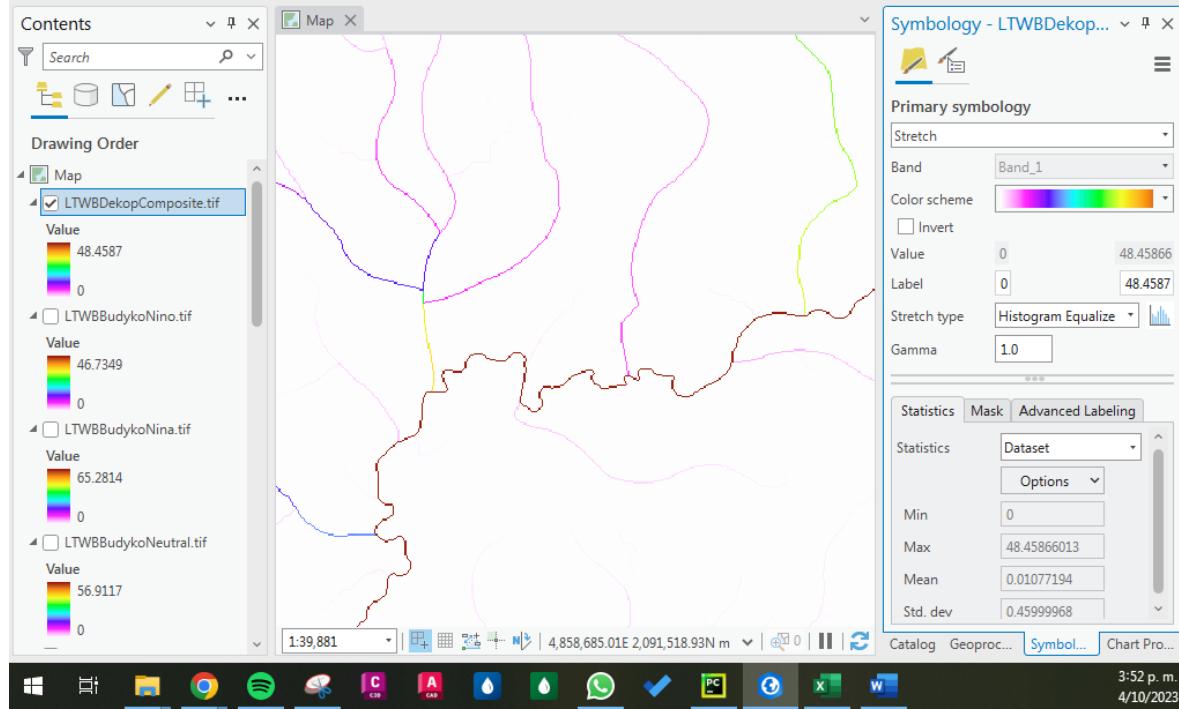
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-20. Resultados LTWB Budyko Niño



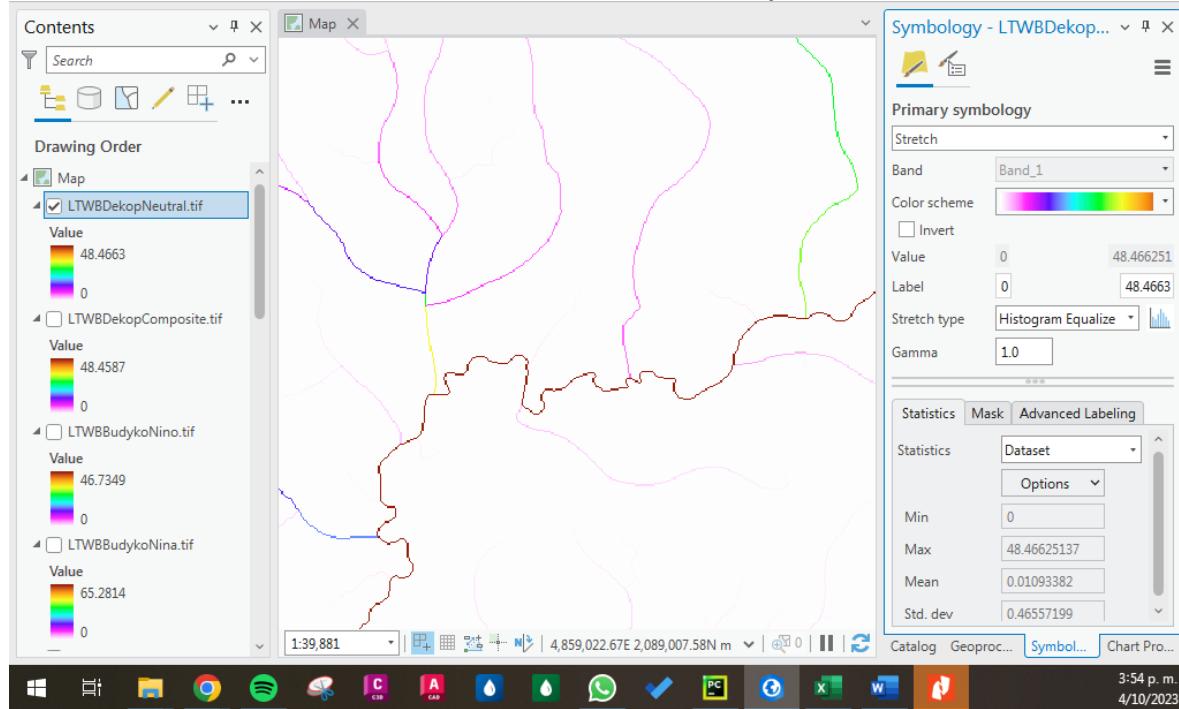
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-21. Resultados LTWB Dekop Composite



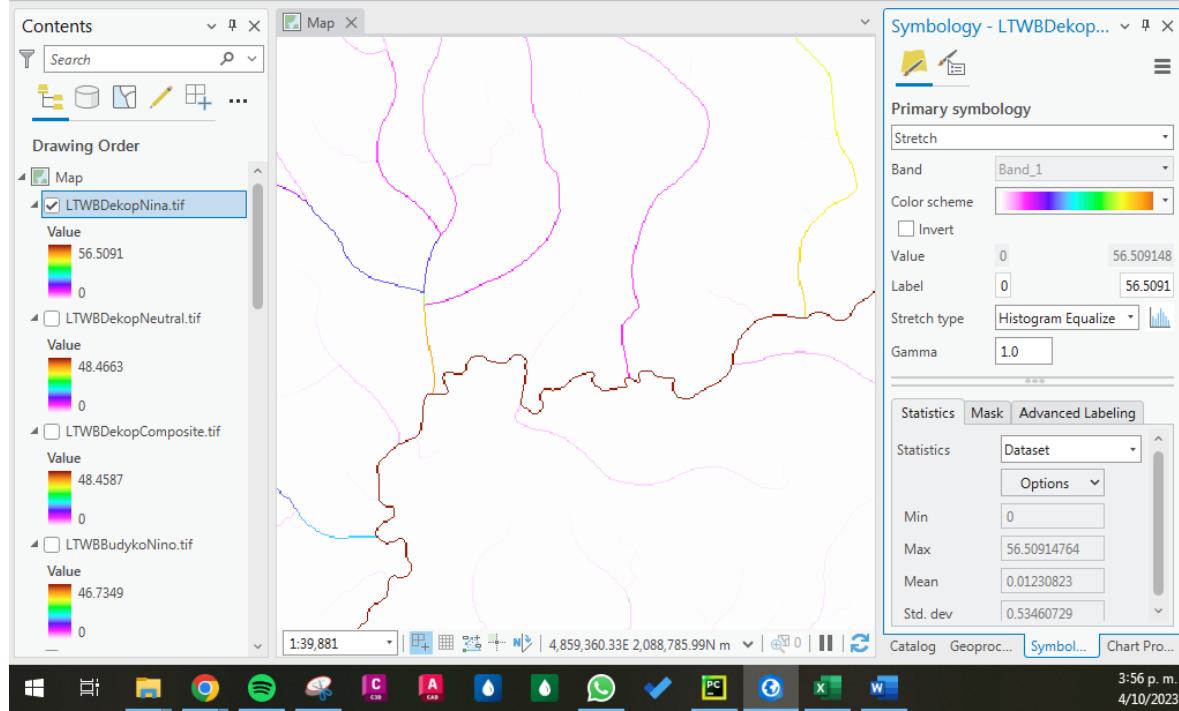
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-22. Resultados LTWB Dekop Neutral



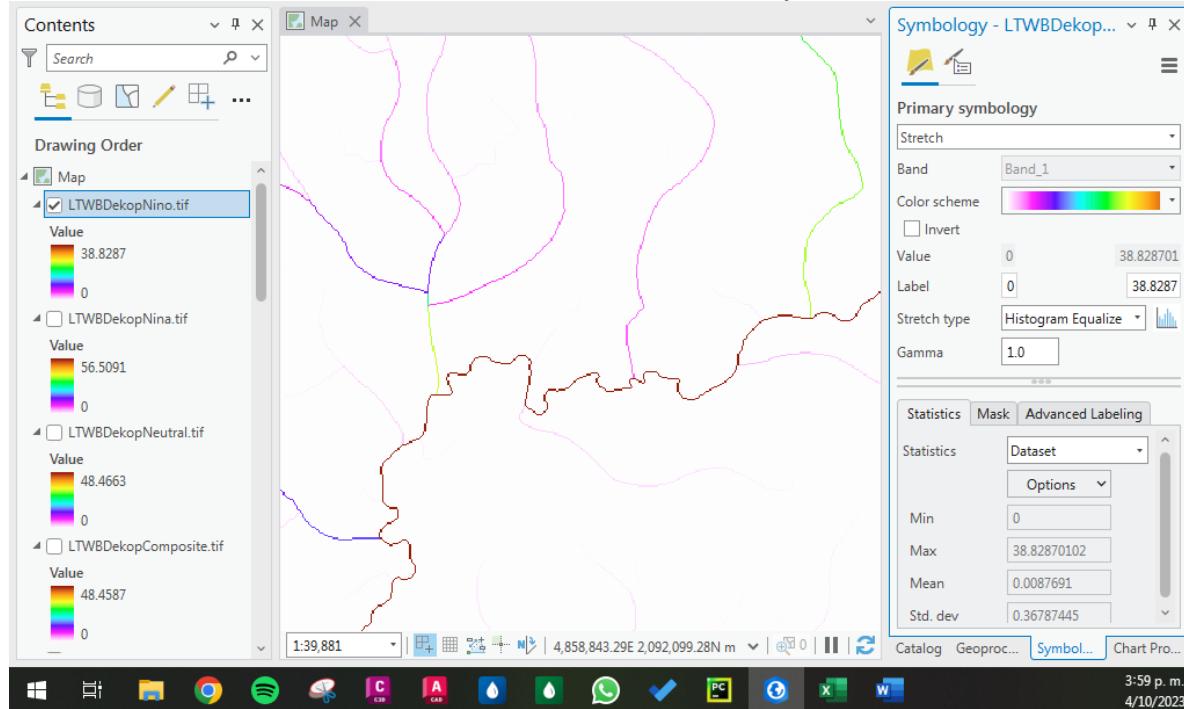
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-23. Resultados LTWB Dekop Niña



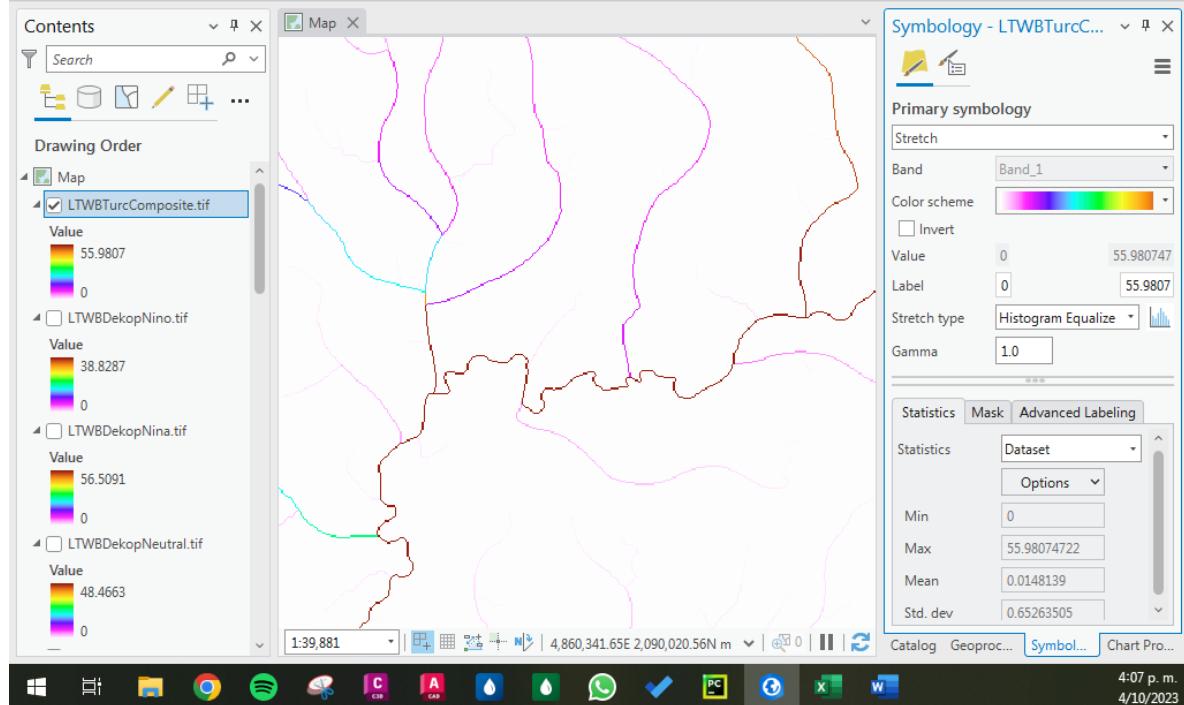
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-24. Resultados LTWB Dekop Niño



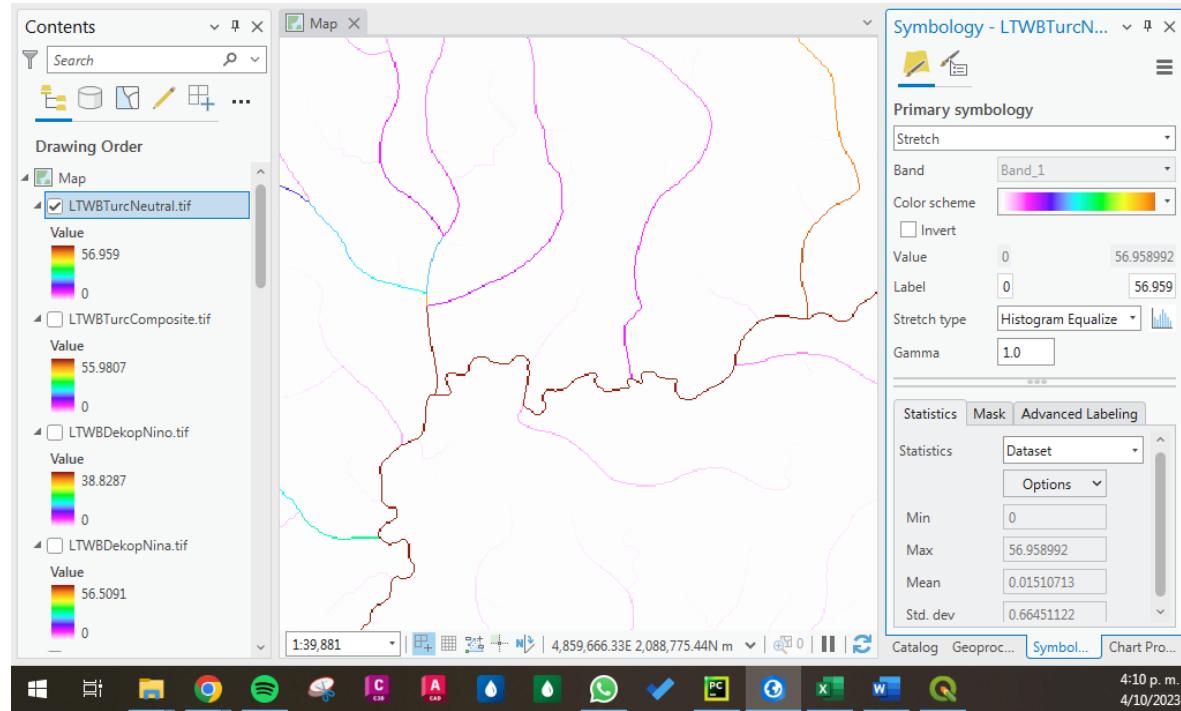
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-25. Resultados LTWB Turc Composite



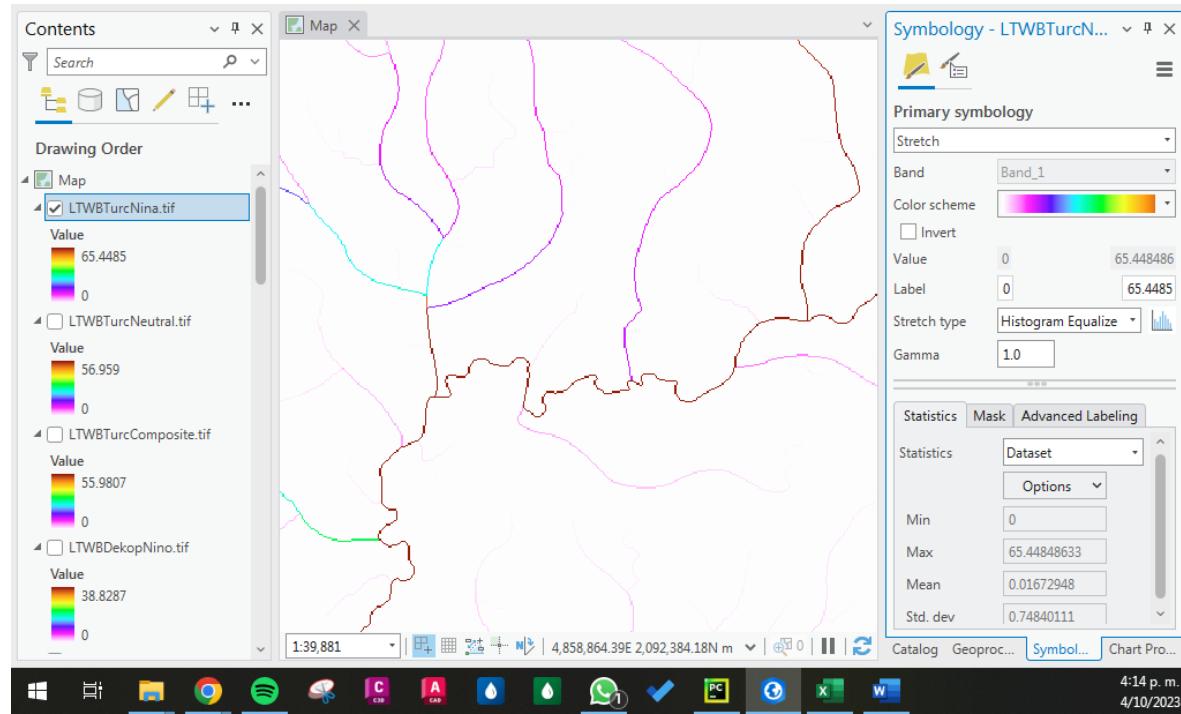
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-26. Resultados LTWB Turc Neutral

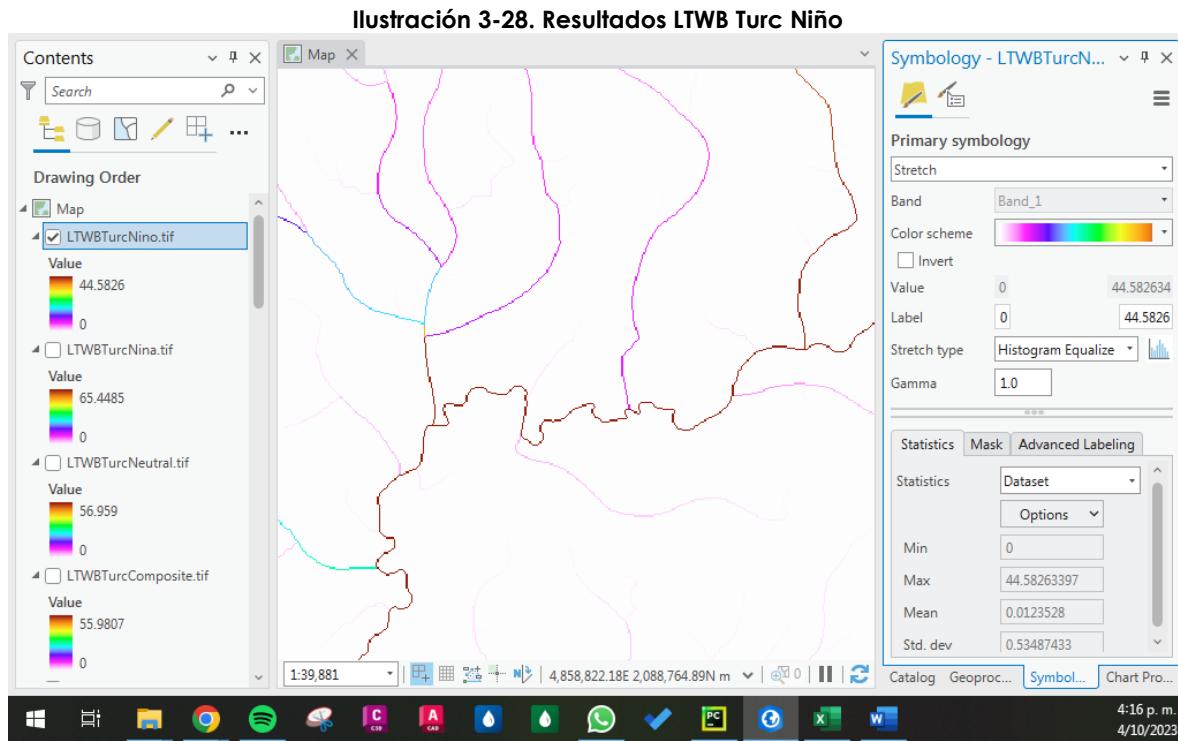


Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Ilustración 3-27. Resultados LTWB Turc Niña



Fuente: Elaboración Propia, 2023.



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3-4. Resultados Rangos Caudales Medios

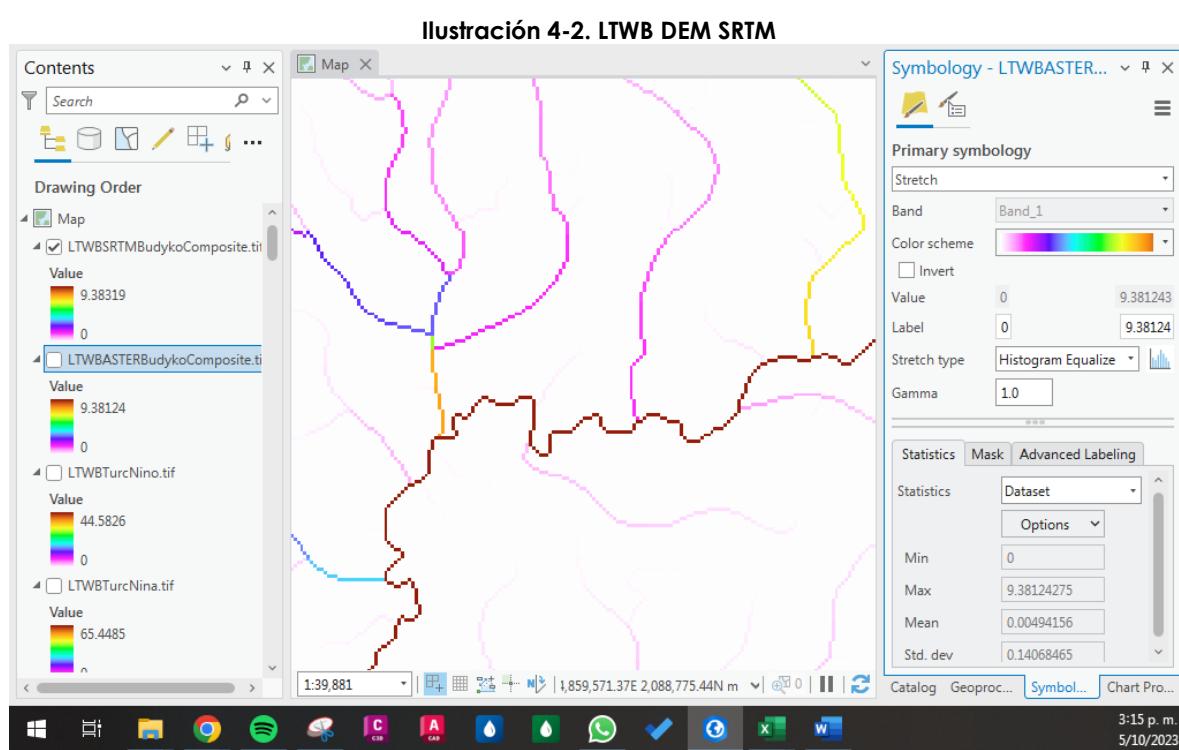
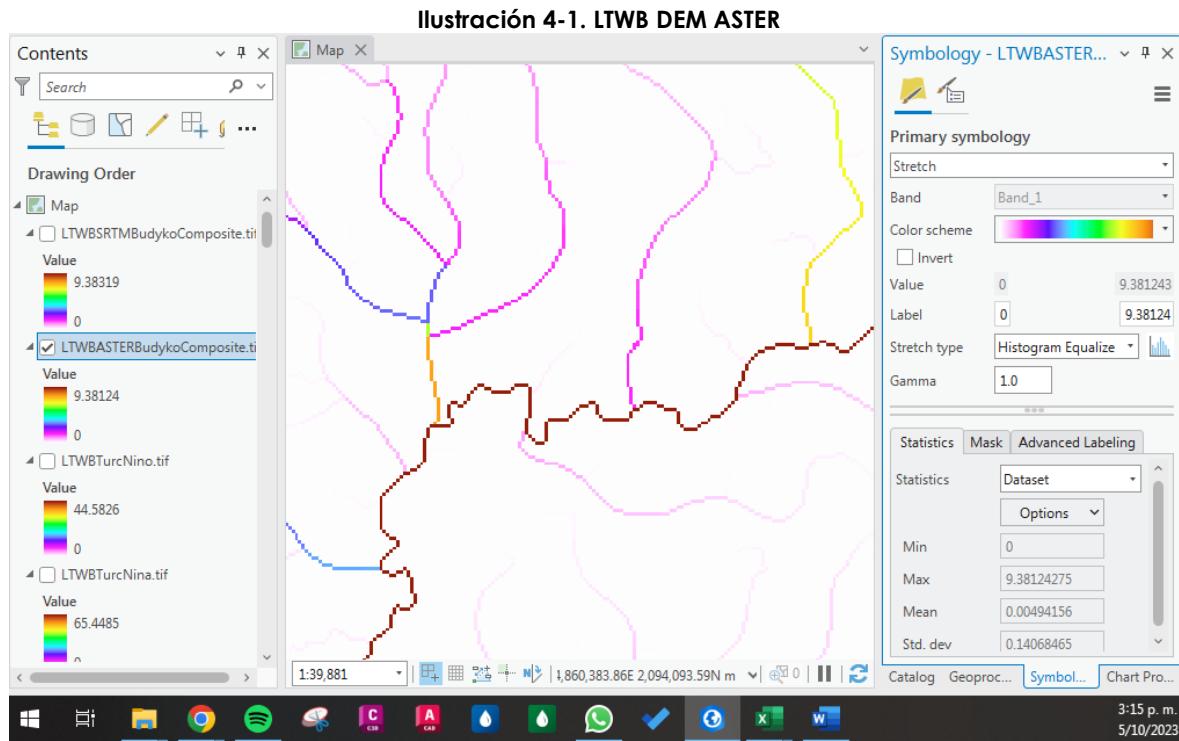
Fenómeno	Budyko		Dekop		Turc	
	Mínimo (m <sup>3</sup> /s)	Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Mínimo (m <sup>3</sup> /s)	Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Mínimo (m <sup>3</sup> /s)	Máximo (m <sup>3</sup> /s)
Compuesto	0	56.9159	0	48.4587	0	55.9807
Neutral	0	56.9117	0	48.4663	0	56.959
Niño	0	46.7349	0	38.8287	0	44.58
Niña	0	65.2814	0	56.5091	0	65.4485

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

## 4. ACTIVIDAD 2: DEM ASTER Y SRTM

Se realizó el mismo ejercicio con el DEM ASTER y el DEM SRTM para el fenómeno compuesto de Budyko como se muestra a continuación.

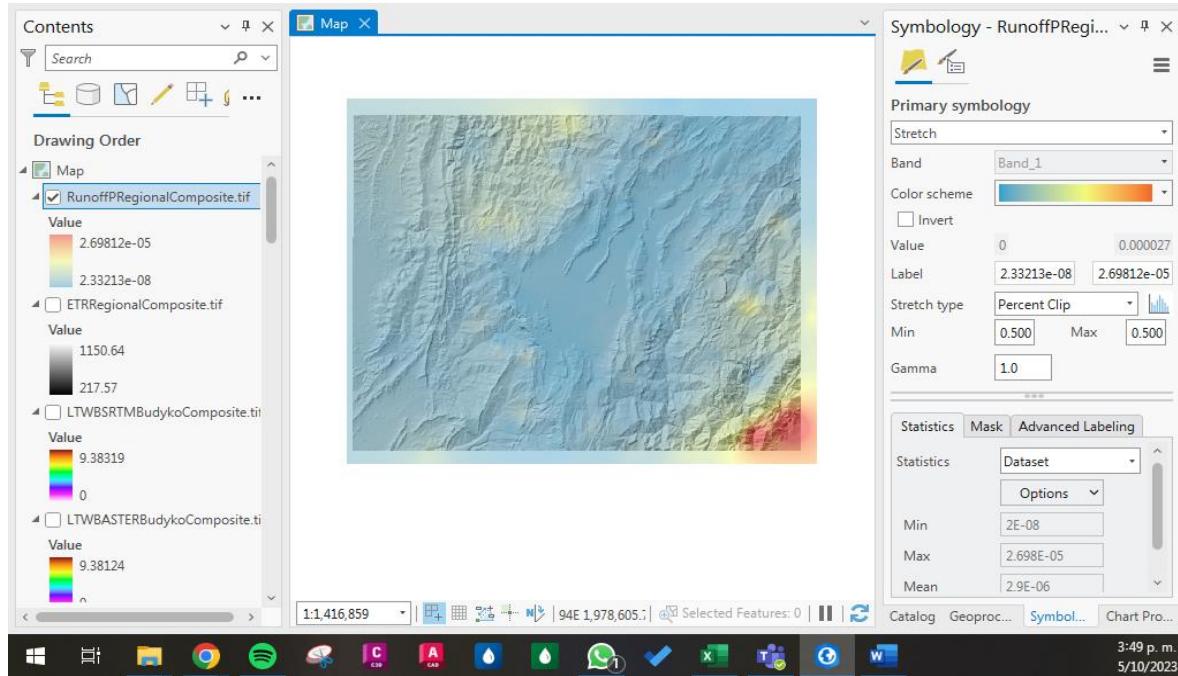
Se nota una gran diferencia respecto a los resultados del DEM ALOS, ya que es de 47 m<sup>3</sup>/s; esto se supone por la diferencia de tamaño de pixel entre el mapa de escorrentía utilizado y el DEM.



## 5. ACTIVIDAD 3: OTROS MÉTODOS DE ETR

Tomando de la sección anterior otro método de ETR como lo es el de factor Regional, se realiza el ejercicio del fenómeno compuesto para comparar con los otros métodos.

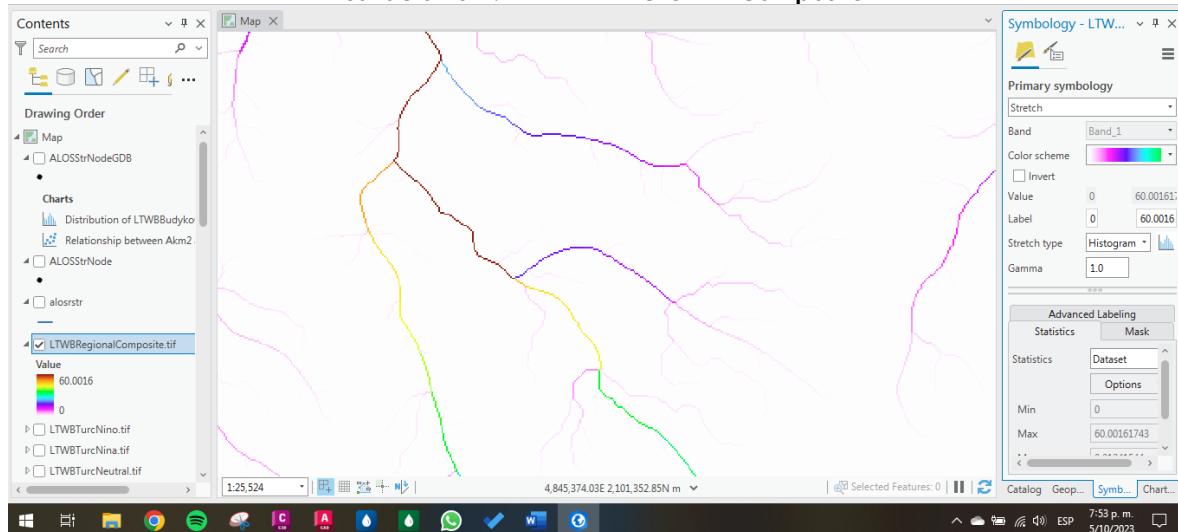
Ilustración 5-1. RUNOFF ETR REGIONAL



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

El resultado se presenta en la siguiente ilustración, donde se observa una diferencia de 3 m<sup>3</sup>/s respecto al método de Budyko, 4 m<sup>3</sup>/s del método de Turc y 11.5 m<sup>3</sup>/s del método de Dekop.

Ilustración 5-2. LTWB ETR REGIONAL Composite



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

## 6. CONCLUSIONES

- Se realizó el ejercicio de implementación de grillas de caudales medios para cada fenómeno climatológico y por cada método de ETR según las actividades anteriores.
- Se realizó el ejercicio de generación de grillas con los DEM ASTER y SRTM para el fenómeno compuesto, donde se resultaron valores muy distintos a los del ejercicio de la actividad.
- Se realizó el ejercicio con el método de ETR de Factor Regional, los resultados fueron similares a los de los métodos de la actividad.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RCFDTTOOLS, 2023. Balance hidrológico de largo plazo para estimación de caudales medios usando SIG. Contenido del curso: <https://github.com/rcfdtools/R.LTWB/tree/main/Section05/LTWB>.