



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



Estimación de la evapotranspiración y coeficiente de cultivo de higuera para una zona árida, usando imágenes satelitales y datos de reanálisis

Sergio Iván Jiménez-Jiménez; José Alberto Urrieta-Velázquez; Hilario Macías-Rodríguez; Mariana de Jesús Marcial-Pablo



Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



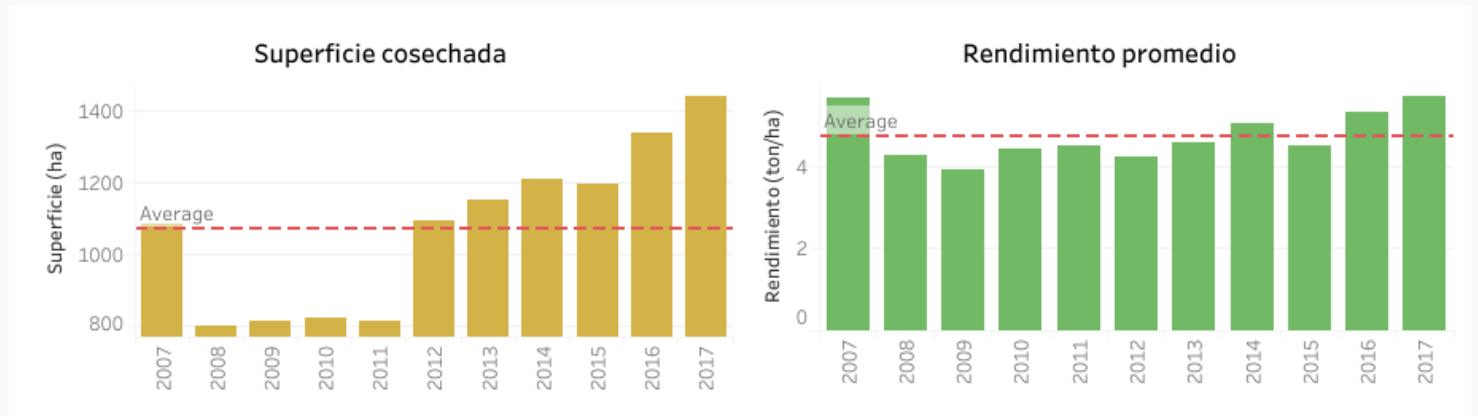
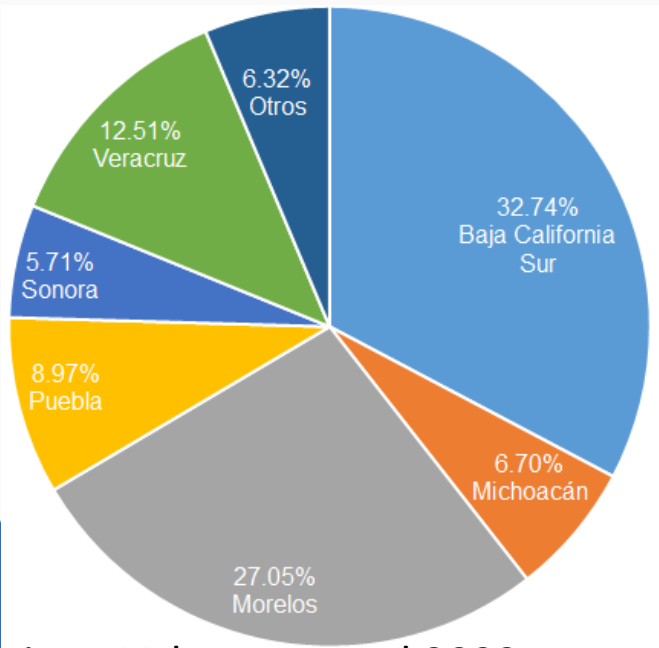
Introducción

La higuera en México se inició como frutal de traspatio y poco a poco fue adquiriendo importancia en la dieta de los mexicanos y a nivel mundial (Carrillo, 1991; Ibarra et al., 2012; Mendoza, 2013), no obstante, fue recientemente que tuvo auge económico debido a sus propiedades nutraceuticas que desde la antigüedad ya se apreciaban (Melgarejo, 1999; Lobos et al., 2017).



Introducción

Las cifras oficiales indican que a nivel nacional se tenían plantadas hasta el año 2019 aproximadamente **1,838.60** hectáreas con un rendimiento promedio de 7.16 toneladas/ha (SIAP-SADER, 2022). Dicha superficie se distribuye en quince estados, siendo Baja California sur (602 ha.) el estado donde se tiene la mayor superficie establecida, le siguen Morelos (497.3 ha), Veracruz (230 ha), Puebla (164.85 ha.), Michoacán (123.2 ha.) y Sonora (105 ha.)



Introducción

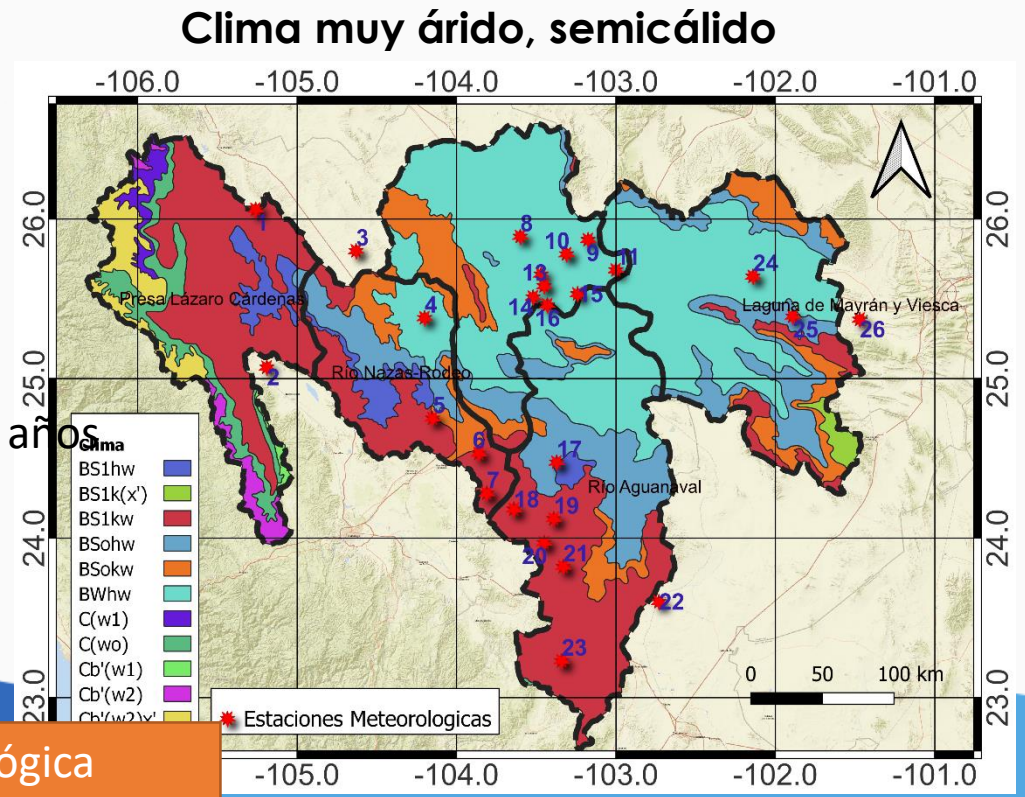
Es conveniente la calibración de métodos locales para determinar sus necesidades hídricas, ya que el exceso de agua puede provocar un crecimiento vegetativo excesivo a expensas de la calidad de la fruta y un suelo húmedo hace que la fruta sea grande y acuosa y propensa a pudriciones y marchitamientos (Flaishman, et al., 2014).

el objetivo de este trabajo fue determinar el coeficiente de cultivo de la higuera, de tal manera que se puede llevar una calendarización del riego de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona



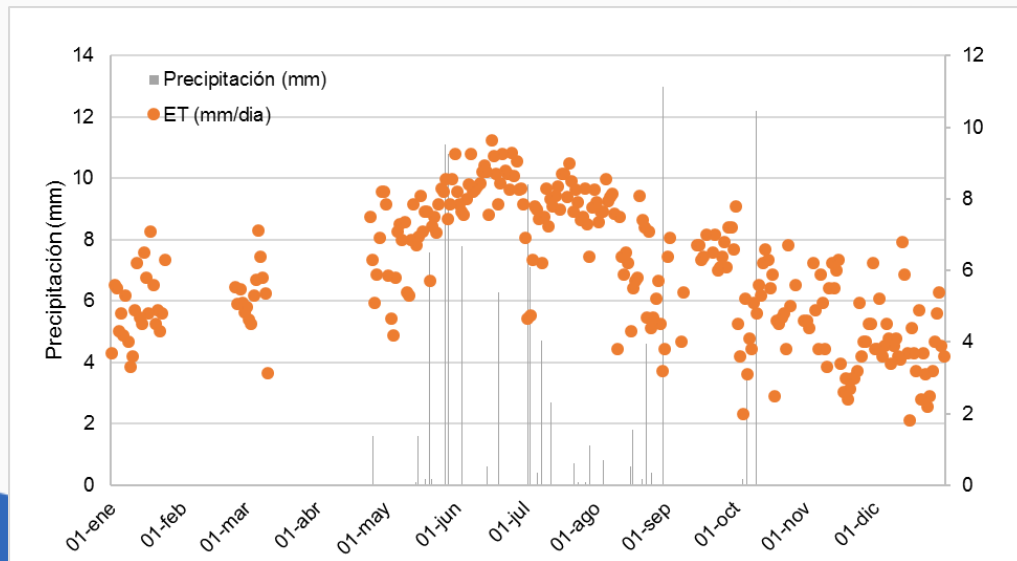
Materiales y Métodos

La zona de estudio se encuentra en el municipio de Parras de la Fuente, Coahuila; es una parcela de 40 has, con cultivo de higuera de 3 y 2 años variedad Black Misión, tiene un sistema de riego de 4 lph con un gotero por planta. La densidad de población de 3,000 higueras por has. (1230 msnm)

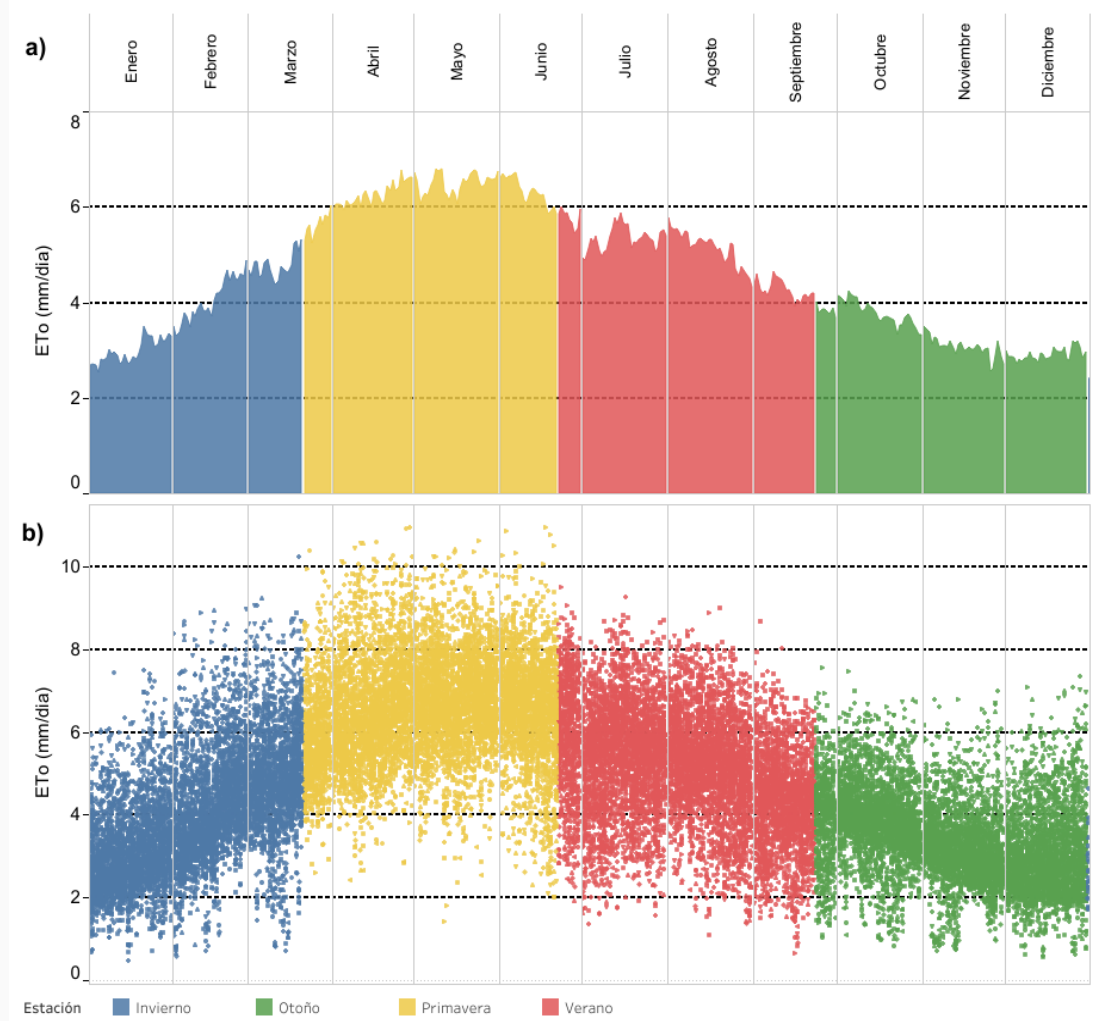


Evapotranspiración de referencia con datos de reanálisis

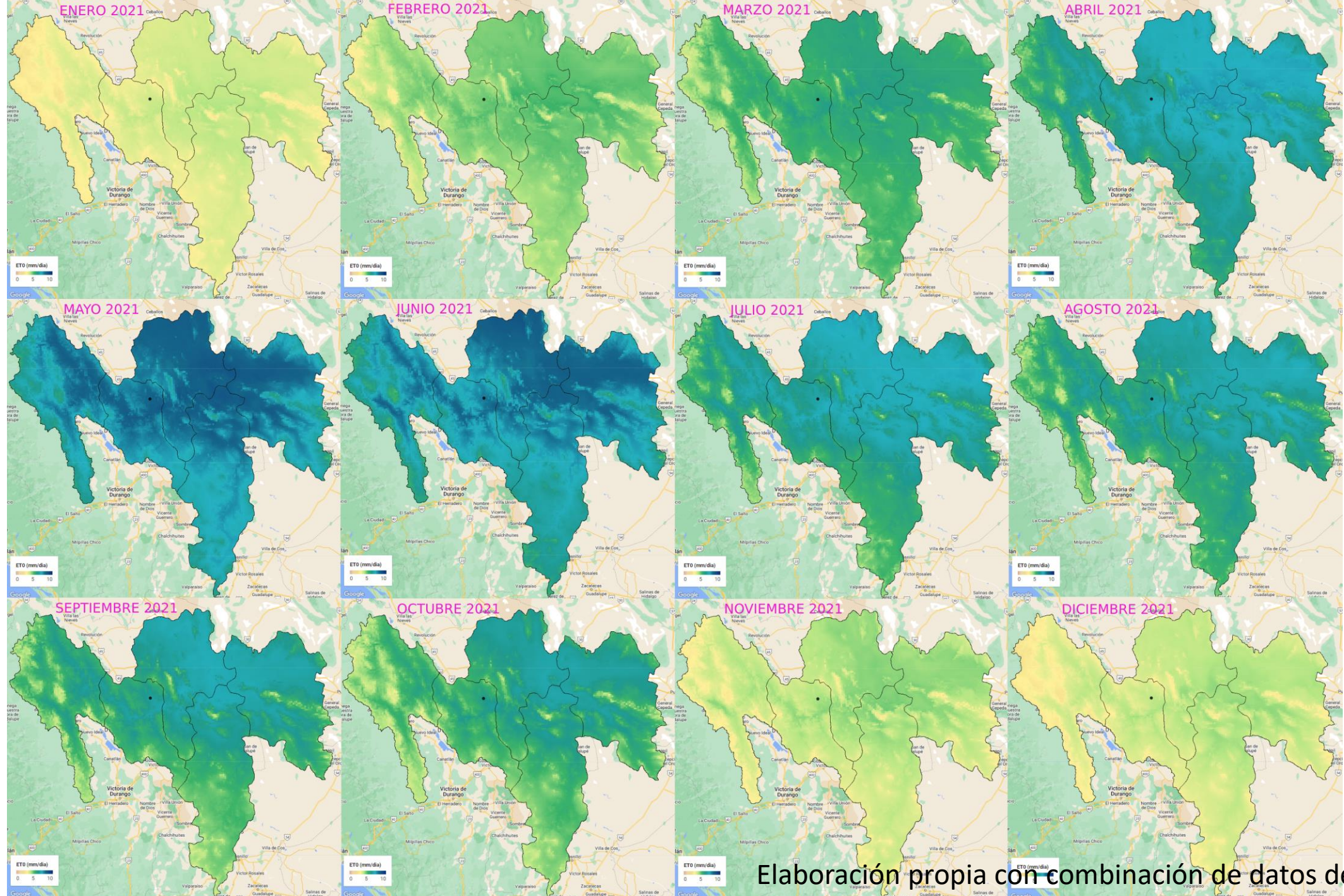
Se descargó información de evapotranspiración de referencia de una estación DAVIS PRO PLUS instalada dentro de la huerta, la fecha de la instalación fue el 21 de febrero del 2022 y actualmente registra información cada 30 minutos, por tanto, para obtener la ET_0 de manera diaria, se sumó la ET_0 de cada intervalo durante cada día



Valores promedios de Precipitación y Evapotranspiración registradas en la estación meteorológica Davis



a) Evapotranspiración de referencia (ET_0) promedio histórico diario obtenido con el método de FAO-56 Penman Monteith de las estaciones meteorológicas del INIFAP dentro de la región hidrológica Nazas-Aguanaval (RH); b) ET_0 de las estaciones meteorológicas localizadas en clima Muy árido y árido de la RH36; cada punto representa la ET_0 diaria.



Elaboración propia con combinación de datos de reanálisis

Evapotranspiración de referencia con datos de reanálisis

Con la finalidad de calibrar variables de datos de reanálisis para que se puedan emplear en regiones cercanas que no cuenten con estaciones meteorológicas, en un primer paso, se evaluaron cuatro bases de datos, entre ellos están: Climate Forecast System version 2 (CFSv2), Global Land Data Assimilation System (GLDAS), North American Land Data Assimilation System phase 2 (NLDAS) y Real-Time Mesoscale Analysis (RTMA). Sus principales características se muestran en el cuadro 3

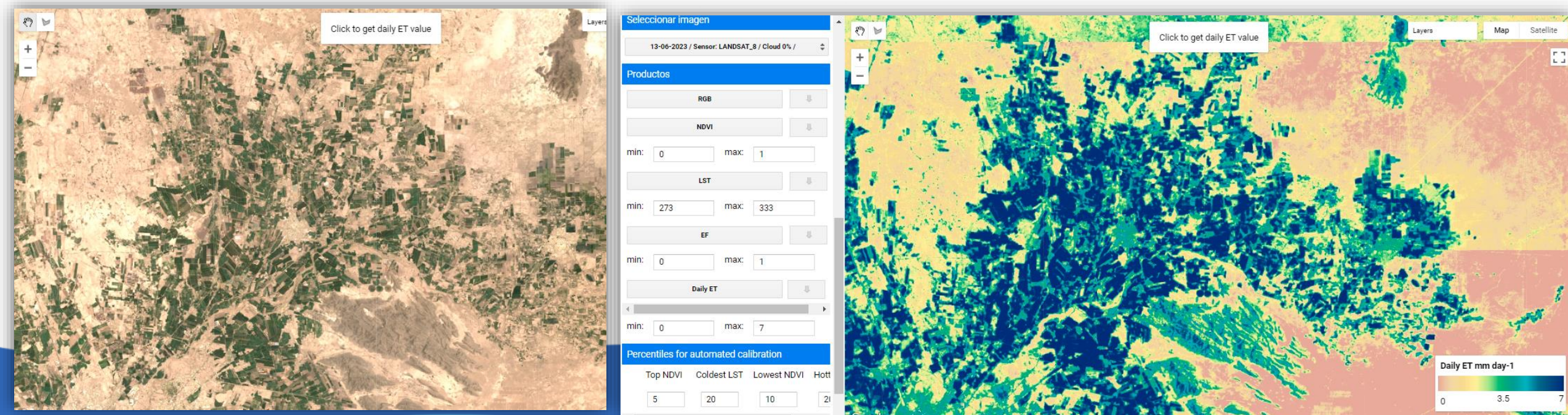
Base de datos	Resolución			Cobertura	Cobertura espacial	ID in GEE
	Espacial (km)	Espacial (°)	Temporal (hr)			
CFSv2	~22 latitud	~0.2	6	1979 - presente	Global	NOAA/CFSV2/FOR6H
GLDAS 2.1	~28	1/4	3	2000 - presente	Global	NASA/GLDAS/V021/NOAH/G025/T3H
NLDAS-2	~14	1/8	1	1979 - presente	Contiguo a Estados Unidos	NASA/NLDAS/FORA0125_H002
RTMA	2.5	1/24	1	2015-06-18-presente	Contiguo a Estados Unidos	NOAA/NWS/RTMA

Los de cobertura regional brindan datos con resolución espacial y temporal más finas, aunque una alta resolución de los datos no necesariamente indica alta precisión como se encontró en Blankenau, Kilic, & Allen, (2020) en un estudio para Estados Unidos. La descarga de los datos de reanálisis se llevó a cabo desde Google Earth Engine para el mismo período de datos de las estaciones meteorológicas y se analizó el error usando el R2 y RMSE.



Evapotranspiración

Se obtuvo la ET usando el modelo de balance de energía SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land), para lo cual se modificó el código en Google Earth Engine de **GESEBAL** (Laipelt et al., 2021), donde los **datos de reanálisis** que se emplearon fueron los que mejor desempeño mostraron. Se aplicó el modelo en más de 30 imágenes Landsat 8 y 9 disponibles desde marzo del 2022 al presente. Las imágenes que se seleccionaron tuvieron las condiciones de menos de 30 % de nubosidad, en algunos meses se pudieron obtener hasta 3 imágenes y en otro solamente uno.





Estimación de Kc

Referencia	Requerimientos hídricos	Clima	Características
Tapia et al., 2003	50 % de la ETC; Kc=0.75 0.17 %* Evaporación (EV) Tanque tipo A	Bsk*: estepa con alta sequedad atmosférica y frío, con 15,2°C de temperatura media anual	Marco de plantación: 6 x 4 m. Higueras de 3 años. País: Chile Variedad: Brown Ischia, Brown Turkey, Kadota, Kennedy, Larga de Burdeos y Royal Vineyard.
Hernández et al., (1994)	0.75* EV tanque tipo A	Aw*: Sabana con una temperatura media anual de 25° C y una precipitación total anual de 1330 mm. Cálido todo el año, con estación seca	Marco de plantación: 3 x 2 m. Higueras de 3 años. País: Brasil Variedad: Roxode-Valinhos
Assaf (2001)	0.3-0.4 * EV tanque tipo A	Árido	País: Israel Marco de plantación: 4,5 y 5 m entre hileras y entre 3 y 4 m entre árboles
Andrade et al., (2014)	Kc=0.71 intervalo de riego de 2 días; Kc=0.51 intervalo de riego de 4 días.	Aw*	Marco de plantación 3 x 2 m. Higueras de 3 años. País: Brasil Variedad: Roxo de Valinhos Suelo: Franco arcilloso arenoso y Arena arcillosa
Olitta et al., (1979)	Kc= 0.47		
(Rivera-González et al., 2019)	Kc (0.22 -1.10)		Marco de plantación: 2.5 x 2 m. Higuera de 4 años País: México, región lagunera

Actualmente, el cultivo se está manejando tomando en cuenta los Kc encontrados por Andrade et al., (2014), sin embargo, se calcularon los valores de Kc tomando en cuenta la ET derivado de las imágenes satelitales y los valores de ETo diarios derivados de observados de las estaciones meteorológicas (Ecuación 5), en este sentido, se está considerando que con las condiciones de manejo del cultivo no se somete a estrés.

Mes	ET ₀ promedio (mm/día)	Precipitación (mm/mes)	1-2 años				3 Años			
			Kc	ETc (mm/día)	RR (litros)	RR (hr)	Kc	ETc (mm/día)	RR (litros)	RR (hr)
Enero	7.10	0								
Febrero	5.53	0	0.44	2.43	3.94	0.99	0.71	4.15	6.72	1.68
Marzo	7.11	0	0.44	3.13	5.07	1.27	0.71	5.33	8.64	2.16
Abril	8.20	1.6	0.44	3.61	5.85	1.46	0.71	6.15	9.97	2.49
Mayo	9.25	31.6	0.44	4.07	6.60	1.65	0.71	6.94	11.24	2.81
Junio	9.65	14.7	0.44	4.25	6.88	1.72	0.71	7.24	11.73	2.93
Julio	9.00	26.9	0.44	3.96	6.42	1.60	0.71	6.75	10.94	2.73
Agosto	8.55	21.4	0.44	3.76	6.10	1.52	0.71	6.41	10.39	2.60
Septiembre	7.20	0	0.44	3.17	5.13	1.28	0.71	5.40	8.75	2.19
Octubre	7.80	15.8	0.44	3.43	5.56	1.39	0.71	5.85	9.48	2.37
Noviembre	6.30	0	0.44	2.77	4.49	1.12	0.71	4.73	7.66	1.91
Diciembre	6.80	0								

$$Kc = \frac{ET_{GeeSEBAL}}{ETo_{Estación Meteorologica}}$$

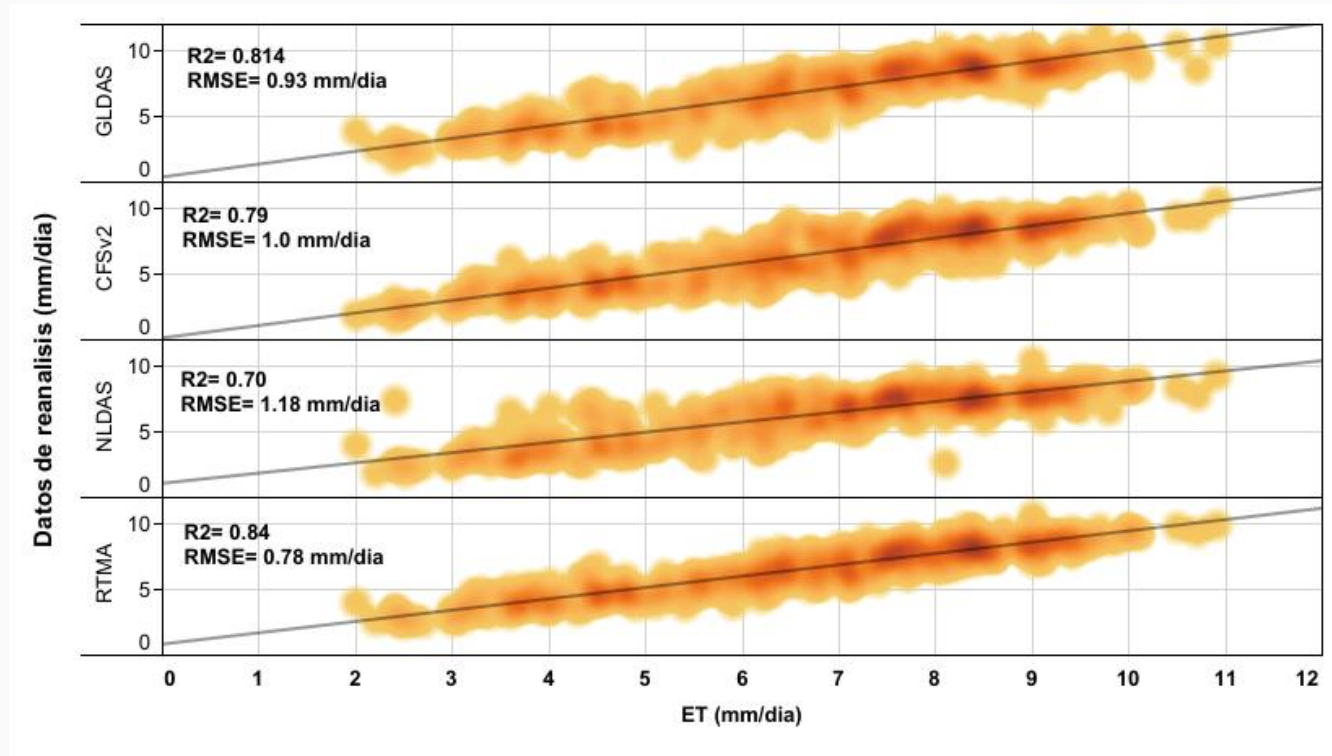
Resultados y Discusión

El conjunto de datos RTMA fue el que brindo menores valores de RMSE y mayores valores de R2.

Es conveniente seguir el monitoreo de las variables de ET_0 para considerar más años en el análisis del error.

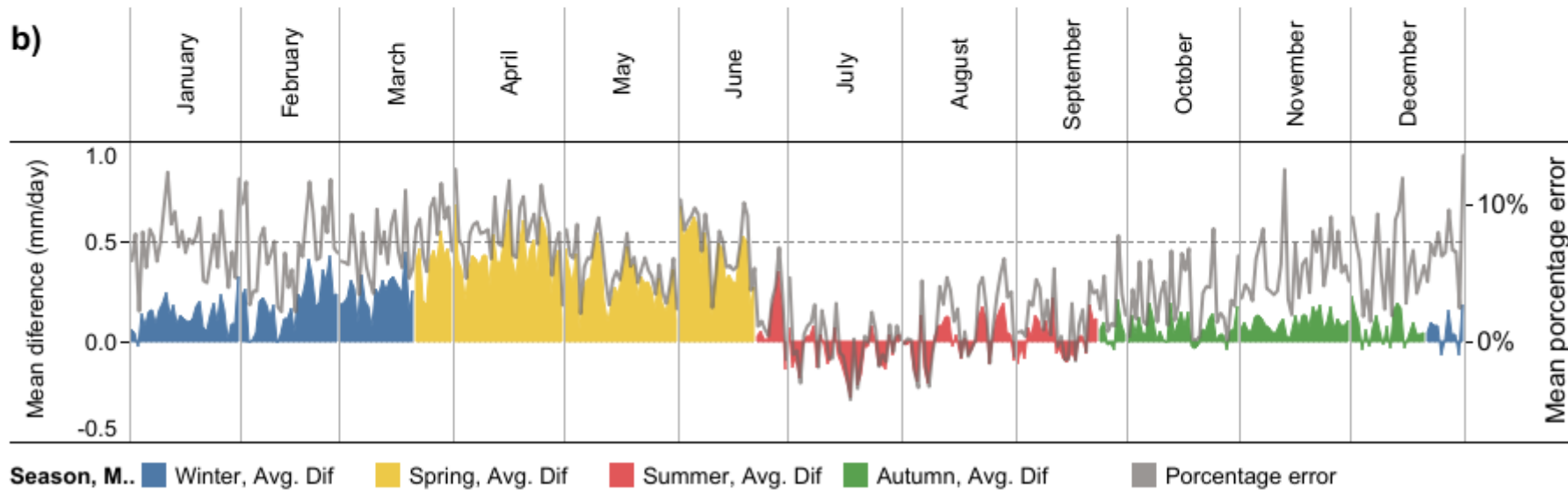
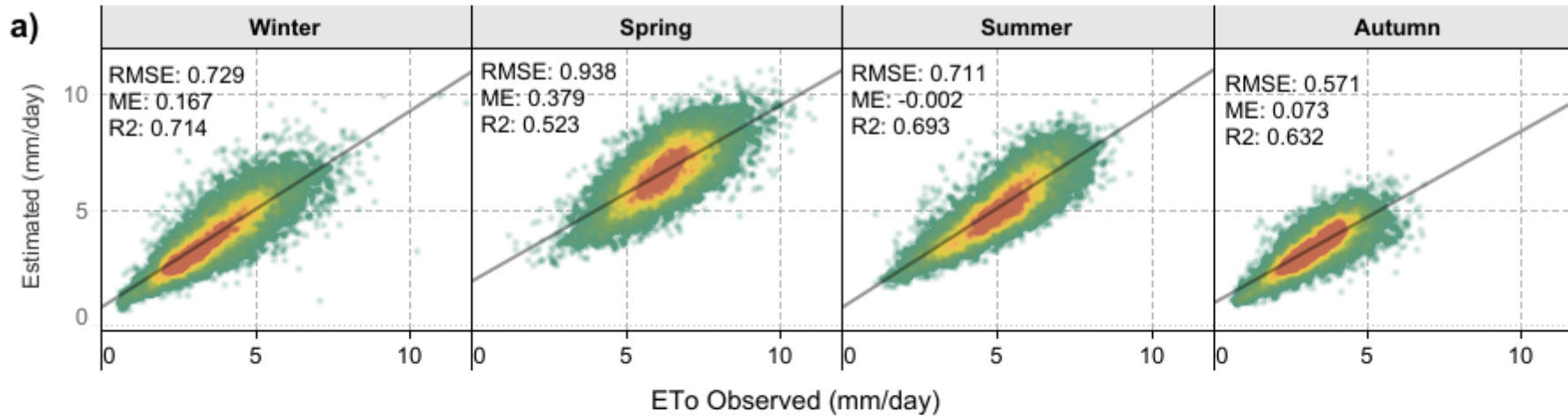
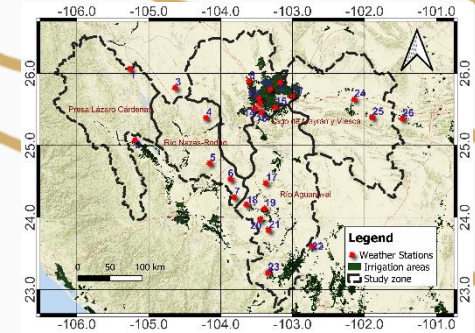
Estos errores con respecto a datos observado, se debe principalmente a las velocidades de viento (u_2) mayores que se presentan en estas zonas y a la alta sensibilidad que tiene la ET_0 a la u_2 en regiones áridas y muy áridas (Jiménez-Jiménez, 2021).

En estas zonas el flujo de viento muy probablemente reemplaza el aire húmedo con aire seco muy rápidamente, y causa un aumento en ET_0 en comparación con otras zonas (Debnath et al., 2015).



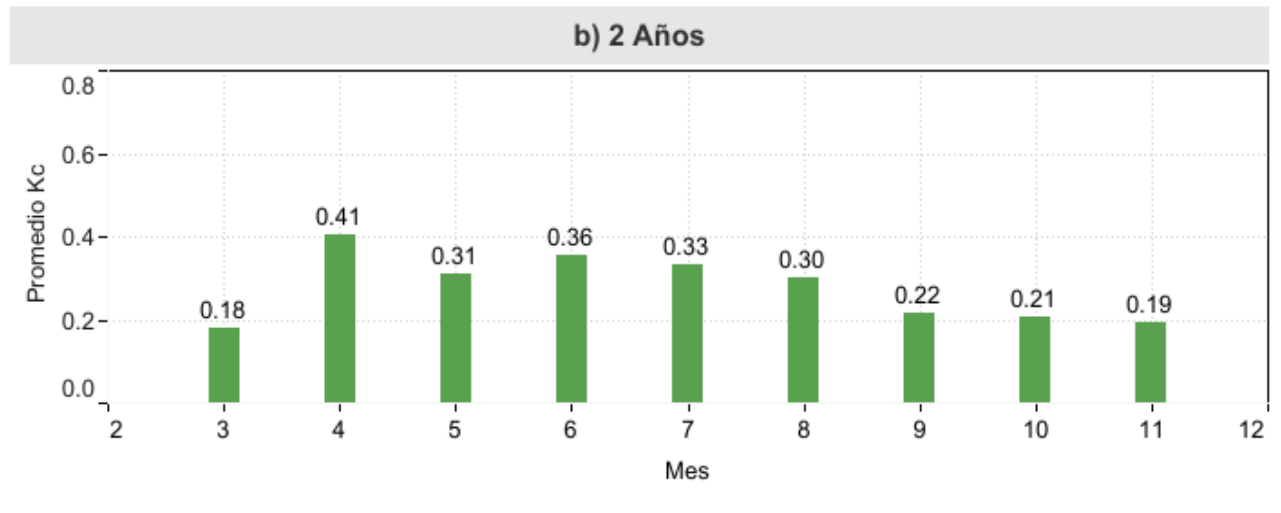
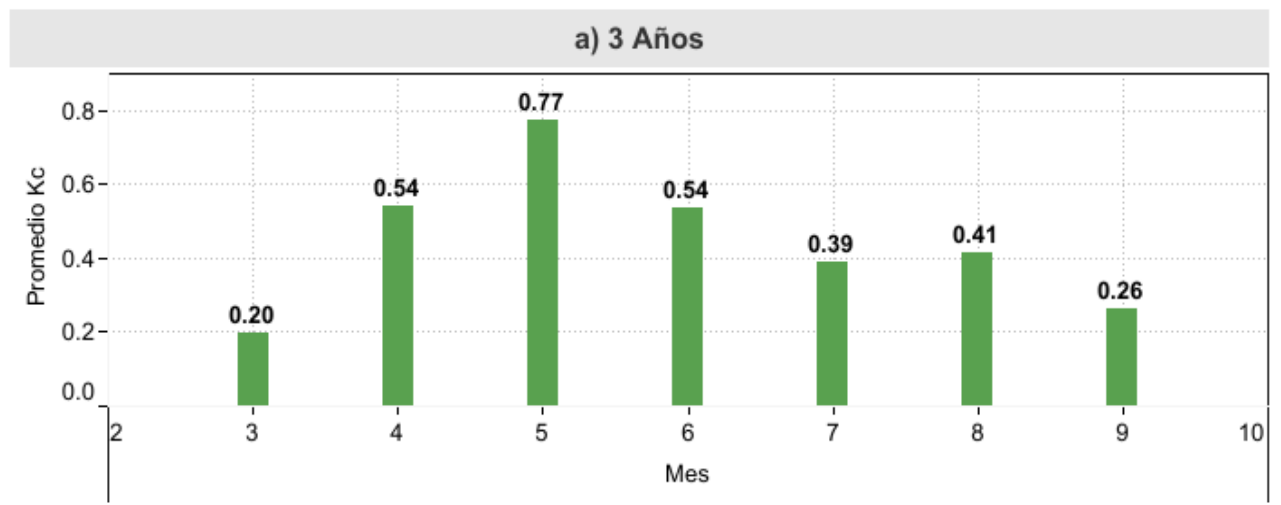


Datos de reanálisis en la RH 36



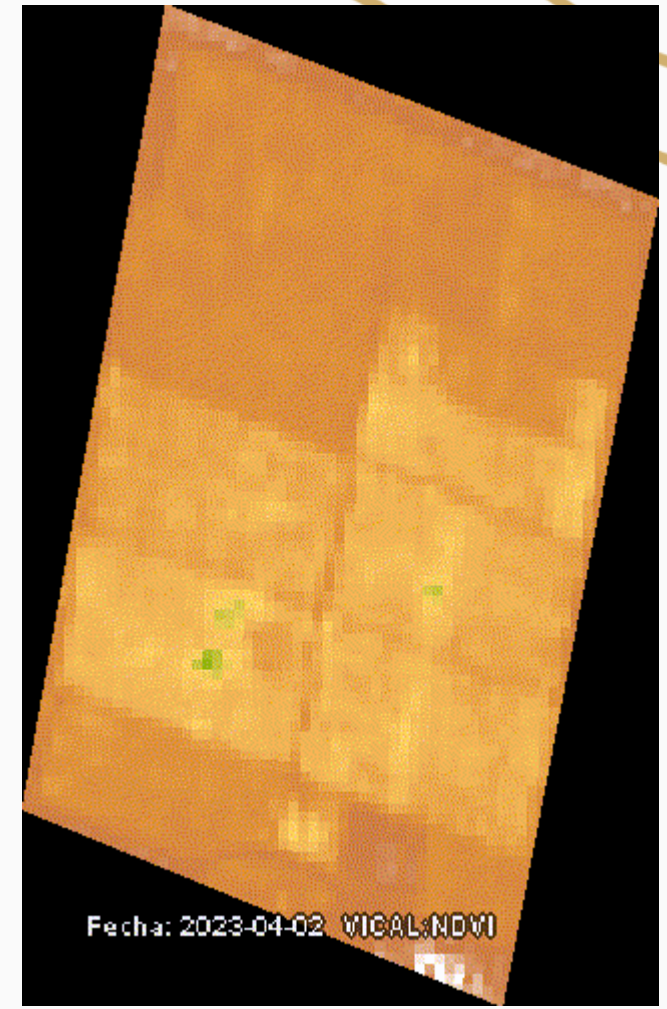
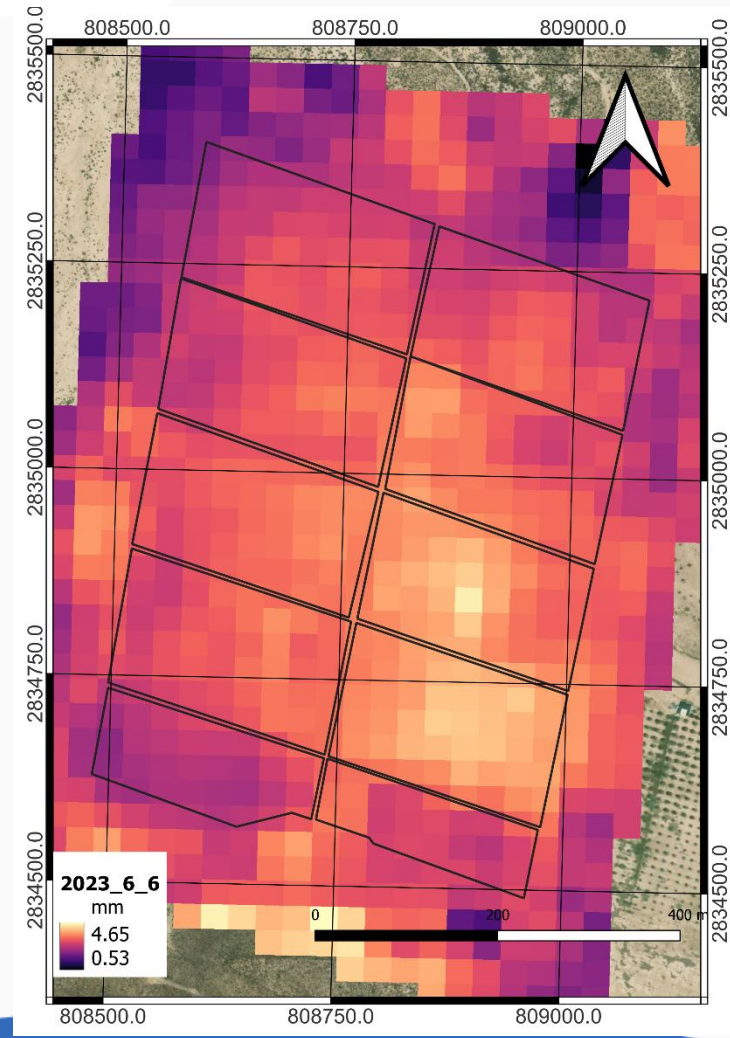
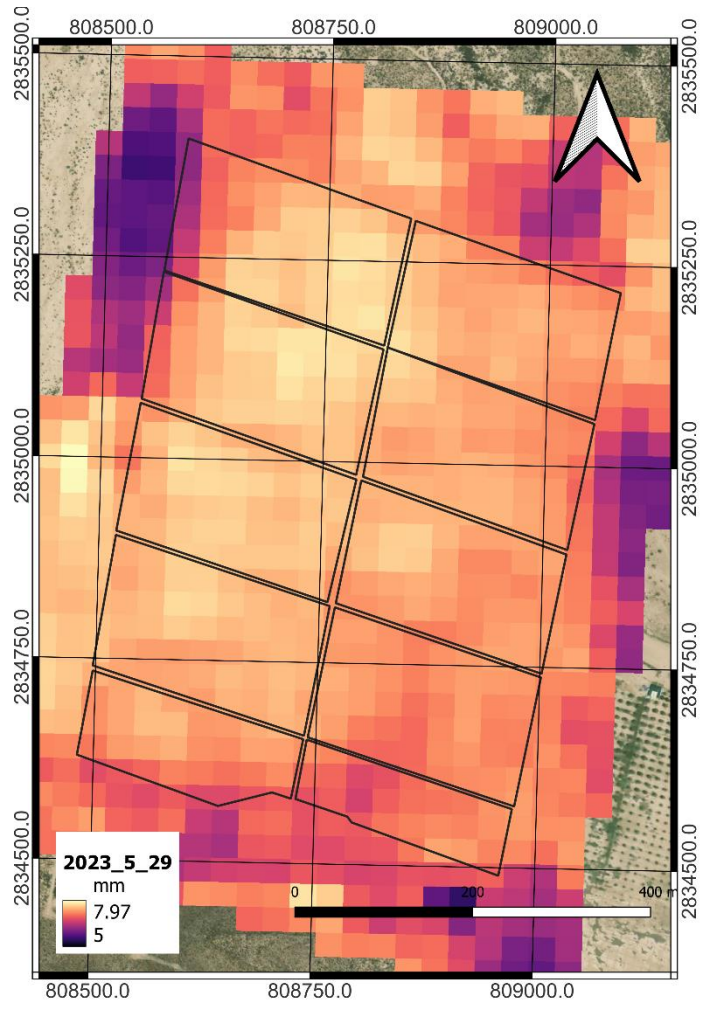
Coeficientes de cultivo

Con los valores de RTMA en conjunto con SEBAL y los de la estación meteorológica se pudo obtener valores de Kc promedios mensuales, donde, para la higuera de 3 años el mes de mayo presento el mayor Kc, que es de 0.77. Estos valores estas influenciados por las lluvias que se presentaron en la segunda quincena del mes, donde se encontraron valores de ET de 6.12 mm/día, mientras que en el mes de marzo se encontraron valores de Kc de 0.2, esto ocurre después de que el cultivo sale de dormancia





ET



Medir humedad del suelo





Conclusiones

En este documento se presenta un avance en el cálculo del coeficiente de cultivo de la higuera en una zona árida, donde se emplean imágenes satelitales y datos de reanálisis, sin embargo, hace falta una calibración y validación local más robusta que podría apoyarse con sensores de humedad. De esta manera se tendría los valores calibrados de K_c para la zona, que ayudara a una estimación de la evapotranspiración más precisa, para una mejor gestión del riego y al ahorro del agua.

Referencias

- Assaf, R. 2001. Selección de variedades locales y técnicas de cultivo del figuero en Israel. *Fruits*. 56 (2): 101-121.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., 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*. FAO. <https://doi.org/M-56>
- Andrade, I., Carvalho, D., Almeida, W., Gonçalves, J., Duarte, L. 2014. Water requirement and yield of fig tree under different drip irrigation management. *Engenharia Agrícola*. V. 34. pp: 17-27.
- Blankenau, P. A., Kilic, A., & Allen, R. (2020). An evaluation of gridded weather data sets for the purpose of estimating reference evapotranspiration in the United States. *Agricultural Water Management*, 242(2020), 109376. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106376>
- Debnath, S., Adamala, S., & Raghuvanshi, N. S. (2015). Sensitivity Analysis of FAO-56 Penman-Monteith Method for Different Agro-ecological Regions of India. *Environmental Processes* 2015 2:4, 2(4), 689–704. <https://doi.org/10.1007/S40710-015-0107-1>
- Flaishman, M. A.; V. Rodov; E. Stover. 2008. The fig: botany, horticulture, and breeding. *Horticultural Reviews*. 34: 113-196
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación köppen. In *Instituto de Geografía-UNAM*.
- Hernández, F.B.T., Susuki, M.A., Buzetti, S., y Correa, L. S. 1994. Resposta da figueira (*Ficus carica* L.) Ao uso da irrigação e nitrogênio na região de ilha solteira. *Eng. Agrícola*, 16 (2): 22-30.
- Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, W., Inzunza-Ibarra, M. A. & Marcial-Pablo, M. J. (2021). Analysis of the NASA-POWER system for estimating reference evapotranspiration in the Comarca Lagunera, Mexico. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 13(2), 201-226. <http://dx.doi.org/10.5154/r.inagbi.2021.03.050>
- Laipelt, L., Henrique Bloedow Kayser, R., Santos Fleischmann, A., Ruhoff, A., Bastiaanssen, W., Erickson, T. A., & Melton, F. (2021). Long-term monitoring of evapotranspiration using the SEBAL algorithm and Google Earth Engine cloud computing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 178, 81–96. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2021.05.018>
- Olitta, A.F.; Sampaio, V.R.; Barbin, D. Estudo da lâmina e frequência de irrigação por gotejo na cultura do figo. *O Solo*, Piracicaba, v.71, p.9-22, 1979.
- Rivera-González, M., Jiménez-Jiménez, S. I., Puente-Valenzuela, C., Sánchez-Cohen, I., & Macías-Rodríguez, H. (2019). Déficit hídrico inducido para higuera (*Ficus carica* L) en alta población y riego por goteo. *Agrofaz – Journal of Environmental and Agroecological Sciences, Especial*, 18–27. [http://www.agrofaz.mx/index.php/agrofaz/issue/view/4/Déficit hídrico inducido para higuera %28Ficus carica L%29 en alta población y riego por goteo](http://www.agrofaz.mx/index.php/agrofaz/issue/view/4/Déficit_hídrico_inducido_para_higuera%28Ficus_carica_L%29_en_alta_población_y_riego_por_goteo)



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



GRACIAS!

Sergio Iván Jiménez Jiménez
INIFAP CENID-RASPA
Ingeniería de Riego

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

