

## Variabilidad climática y su impacto en la producción de mandarina (*Citrus reticulata*) en la parroquia Santa Rita del cantón Chone

Climate variability and its impact on mandarin (*Citrus reticulata*) production in the Santa Rita parish of the Chone canton

Variabilidade climática e seu impacto na produção de tangerina (*Citrus reticulata*) na freguesia de Santa Rita, no cantão de Chone

Recibido: 26/08/2025 | Revisado: 03/09/2025 | Aceptado: 04/09/2025 | Publicado: 04/09/2025

**Yerik Lexander Castro Taipe**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5769-8379>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ingeniería Ambiental, Ecuador  
E-mail: [yerik.castro.41@espam.edu.ec](mailto:yerik.castro.41@espam.edu.ec)

**Jandry Fabricio Rosado Quiroz**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5302-4887>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ingeniería Ambiental, Ecuador  
E-mail: [jandry.rosado.41@espam.edu.ec](mailto:jandry.rosado.41@espam.edu.ec)

**Marcos Javier Vera Vera**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9630-1543>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ingeniería Ambiental, Ecuador  
E-mail: [mjvera@espam.edu.ec](mailto:mjvera@espam.edu.ec)

**José Manuel Calderón Pincay**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3315-997X>

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ingeniería Ambiental, Ecuador  
E-mail: [jose.calderon@espam.edu.ec](mailto:jose.calderon@espam.edu.ec)

### Resumen

La variabilidad climática representa un factor determinante para la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de las condiciones climáticas sobre la producción de mandarina en la parroquia Santa Rita, cantón Chone. Se distinguieron dos zonas: la alta, denominada “Río Santo”, y la baja, “Río Mosquito”. La investigación incluyó el análisis de siete parámetros productivos mediante encuestas a productores, complementado con la instalación de estaciones meteorológicas en cada zona para la recolección diaria de datos de precipitación, temperatura, humedad y evapotranspiración durante siete meses (enero–julio 2025). Los datos fueron analizados estadísticamente mediante correlación de Pearson y contrastados con series históricas de 12 años de la NASA (2010–2022). Los resultados mostraron que la variedad más cultivada fue la Manabita, con rendimientos promedio de 169,83 kg/m<sup>2</sup> en Río Santo y 149,18 kg/m<sup>2</sup> en Río Mosquito. La evapotranspiración y la temperatura se correlacionaron positivamente con la producción ( $r = 0,82$  y  $r = 0,87$ , respectivamente), mientras que la humedad y la precipitación evidenciaron correlaciones negativas. Estos hallazgos confirman que la variabilidad climática influye directamente en los procesos de floración y fructificación de la mandarina, afectando sus niveles de rendimiento en las áreas estudiadas.

**Palabras clave:** Variabilidad; Producción; Rendimiento; Estaciones; Mandarina.

### Abstract

Climate variability is a determining factor for agricultural sustainability and food security. The objective of this study was to evaluate the impact of climatic conditions on mandarin production in the Santa Rita parish, Chone canton. Two zones were distinguished: the upper zone, called "Río Santo," and the lower zone, "Río Mosquito." The research included the analysis of seven production parameters through producer surveys, complemented by the installation of meteorological stations in each zone for the daily collection of precipitation, temperature, humidity, and evapotranspiration data for seven months (January–July 2025). The data were statistically analyzed using Pearson correlation and compared with 12-year historical series from NASA (2010–2022). The results showed that the most cultivated variety was the Manabita, with average yields of 169.83 kg/m<sup>2</sup> in Río Santo and 149.18 kg/m<sup>2</sup> in Río Mosquito. Evapotranspiration and temperature were positively correlated with yield ( $r = 0.82$  and  $r = 0.87$ , respectively), while humidity and precipitation showed negative correlations. These findings confirm that climate variability directly influences flowering and fruiting processes in mandarin, affecting yield levels in the studied areas.

**Keywords:** Variability; Production; Yield; Seasons; Mandarin.

## Resumo

A variabilidade climática é um fator determinante para a sustentabilidade agrícola e a segurança alimentar. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto das condições climáticas na produção de tangerina na paróquia de Santa Rita, cantão de Chone. Duas zonas foram distinguidas: a zona alta, chamada "Río Santo", e a zona baixa, "Río Mosquito". A pesquisa incluiu a análise de sete parâmetros de produção por meio de pesquisas com produtores, complementada pela instalação de estações meteorológicas em cada zona para a coleta diária de dados de precipitação, temperatura, umidade e evapotranspiração durante sete meses (janeiro a julho de 2025). Os dados foram analisados estatisticamente usando correlação de Pearson e comparados com séries históricas de 12 anos da NASA (2010-2022). Os resultados mostraram que a variedade mais cultivada foi a Manabita, com rendimentos médios de 169,83 kg/m<sup>2</sup> em Río Santo e 149,18 kg/m<sup>2</sup> em Río Mosquito. A evapotranspiração e a temperatura apresentaram correlação positiva com a produtividade ( $r = 0,82$  e  $r = 0,87$ , respectivamente), enquanto a umidade e a precipitação apresentaram correlações negativas. Esses resultados confirmam que a variabilidade climática influencia diretamente os processos de floração e frutificação da tangerina, afetando os níveis de produtividade nas áreas estudadas.

**Palavras-chave:** Variabilidade; Produção; Rendimento; Estações; Tangerina.

## 1. Introducción

Durante el período 1990-2019, el calentamiento global ha contribuido a un aumento promedio anual significativo en eventos climáticos extremos, incluyendo un 26 % en temperaturas extremas y un 36 % en incendios forestales. Además, el incremento en los niveles anuales de precipitación ha elevado el número de inundaciones y deslizamientos de tierra en un 6 % y 20 %, respectivamente (Donadelli et ál., 2021). La variabilidad climática reduce la fertilidad del suelo al alterar sus condiciones físicas y químicas, especialmente por la falta de humedad en sequías prolongadas, lo que impacta negativamente en la agricultura y la economía (Apodaca et ál., 2023; Chinchay y Liza, 2019). Alessandri y Mumtaz (2021) destacan que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) subraya la profunda repercusión que tiene el cambio climático en los países de menores ingresos.

El incremento de las temperaturas y las modificaciones en los patrones de precipitación afectan directamente el rendimiento de los cultivos y, de forma indirecta, influyen en la disponibilidad de agua para riego (Nelson et ál., 2009). La reducción de la participación del sector agrícola en la producción y el empleo total se está produciendo a velocidades variables y plantea desafíos específicos en función de cada región (Calicioglu et ál., 2019).

Desde 2019, América Central y del Sur han experimentado fuertes sequías, y en 2022 se registró únicamente el 44% de la precipitación promedio durante los meses más críticos (Arias et ál., 2023). Al analizar los datos proporcionados por las 49 estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en la provincia de Manabí, se observa que el 75%, de la región presenta una estación lluviosa (de enero a abril), que concentra el 83% de la precipitación anual, y una estación seca (de mayo a diciembre), con el 17% restante (Pérez et ál., 2018).

El cantón Chone, ubicado en la provincia de Manabí, se destaca en su sector agropecuario por cultivos como la mandarina, que, en asociación con el cacao, representó el 4,14% de las principales actividades agrícolas (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Chone [PDOT], 2014) con una superficie total de 305.389,11 hectáreas, Chone tiene 363,80 hectáreas dedicadas al cultivo de mandarina, con una productividad del 0,56% del total de todos los cultivos identificados, debido a esto, el sector enfrenta desafíos significativos debido a fenómenos climáticos como lluvias intensas y sequías, los cuales provocan pérdidas productivas y afectan negativamente el rendimiento agrícola en la región PDOT de Chone (2019).

El PDOT de Chone (2019) demuestra que la producción de mandarina en toneladas métricas fue aproximadamente de 3000 Tm. Donde en sitios como La Alianza, Matutina, Colorado vía Garrapata, Sitio Ortega, 10 de agosto y Los Ángeles, el 40 % de los productores asociados cuenta con menos de 250 árboles de mandarina, con un rango de entre 100 y 200 árboles por productor, donde el 60 % restante posee más de 250 árboles, generalmente entre 400 y 500, para luego la producción obtenida en estos predios sea destinada principalmente a la venta, con una porción menor destinada al consumo interno (Zambrano, 2019).

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de las condiciones climáticas sobre la producción de mandarina en la parroquia Santa Rita, cantón Chone, utilizando un enfoque multidisciplinario que integra factores climáticos y productivos. A través de esta evaluación, la investigación pretende contribuir al desarrollo de estrategias para una producción sostenible de mandarina, minimizando las pérdidas y optimizando la productividad, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, los resultados de este trabajo podrán ofrecer un modelo replicable para futuras investigaciones y servir de base para el desarrollo de políticas agroclimáticas efectiva.

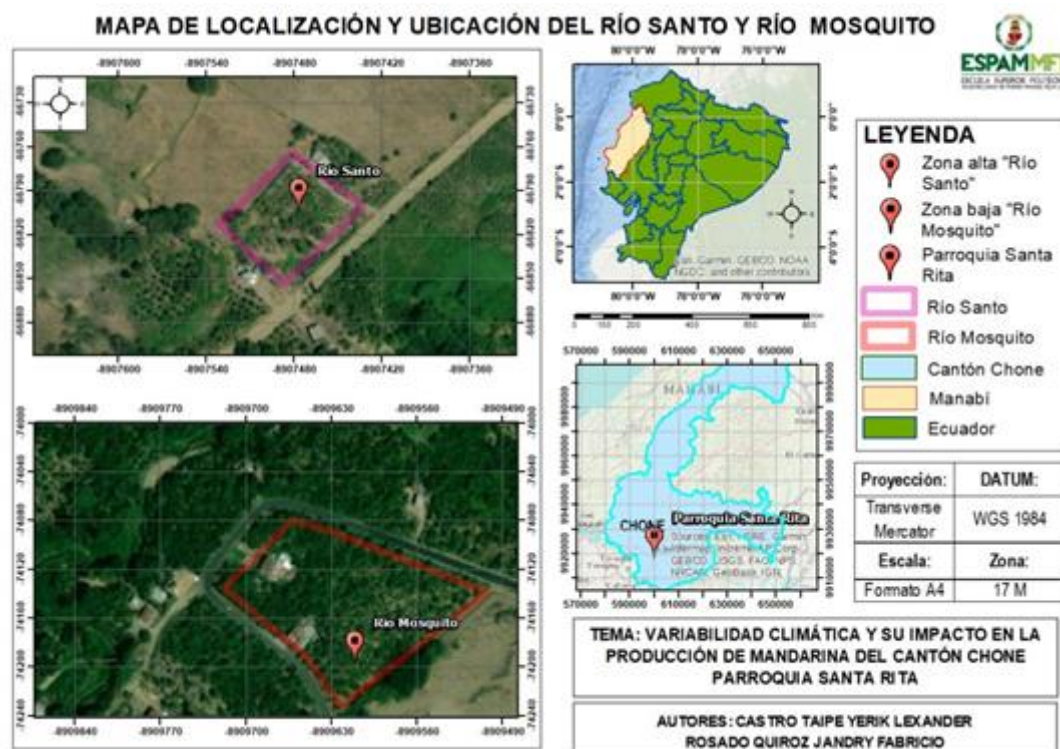
## 2. Metodología

Se llevó a cabo una investigación experimental, de campo, de naturaleza cuantitativa (Pereira et al., 2018) y con uso de estadística descriptiva simple mediante gráficos de sectores, gráficos de barras, clases de datos y valores de frecuencia relativa porcentual (Shitsuka et al., 2014) y análisis estadístico (Vieira, 2021).

### Área de estudio

Esta investigación se desarrolló en las comunidades rurales Río Santo y Río Mosquito, localizadas en la parroquia Santa Rita del cantón Chone, al norte de la provincia de Manabí, en la región occidental del Ecuador, tal como se observa en la Figura 1. El estudio analiza la influencia del cambio climático sobre los sistemas productivos agrícolas, considerando su impacto en las prácticas actuales y en las proyecciones futuras (Caiza & Rodríguez, 2021).

**Figura 1 - Ubicación del área de estudio.**



Fuente: Autores.

### Diagnóstico de las zonas productivas de mandarina del cantón Chone

Se llevó a cabo un muestreo aleatorio estratificado que dividió al cantón en dos estratos: la zona alta “Río Santo” y la zona baja “Río Mosquito”. Dentro de cada una de estas zonas, se empleó un muestreo aleatorio simple para seleccionar las fincas productoras de mandarina, a fin de focalizar el estudio en áreas productivas y minimizar la inclusión de zonas no productivas (Martínez et al., 2019). Luego, se llevaron a cabo visitas de reconocimiento en ambas áreas delimitadas por el PDOT del cantón Chone (2019). Para identificar las áreas productivas de mandarina y seleccionar las fincas esencialmente productoras, se implementó un modelo de trazabilidad basado en la recopilación de datos, considerando el número de árboles cultivados, la superficie dedicada al cultivo en hectáreas y la cantidad de frutos cosechados (Zúñiga & Díaz, 2023).

Se realizó un proceso de georreferenciación con el objetivo de delimitar y representar de forma más precisa la distribución espacial de los elementos de estudio (Martínez et al., 2019). Asimismo, se aplicó una encuesta a los propietarios de las áreas seleccionadas con el propósito de recopilar información demográfica y social, además de caracterizar el cultivo de mandarina, permitiendo obtener datos precisos y detallados (Fonseca et al., 2019).

Cálculo del rendimiento total del cultivo de mandarina

Según lo propuesto por Alcántara et al. (2021), el rendimiento total del cultivo de mandarina se estimó calculando los kilogramos por metro cuadrado ( $Kg/m^2$ ) mediante la multiplicación de la producción total ( $kg$ ) por el área ( $m^2$ ) correspondiente a cada finca productora.

$$Rendimiento (Kg * m^2) = Producción total (kg) / Área (m^2)$$

Donde:

- Producción total ( $kg$ ): número de mandarinas cosechadas por finca
- Área ( $m^2$ ): superficie de la finca productiva de mandarina

### Cuantificación de las variables meteorológicas de estudio

Se procedió a la instalación de dos estaciones meteorológicas, ubicadas estratégicamente en la zona alta, identificada como “Río Santo”, y en la zona baja, denominada “Río Mosquito”. Ambas estaciones fueron ubicadas a nivel del suelo y distribuidas de tal forma que se asegurará una cobertura representativa del área, con un alcance de 20 km. Las estaciones están conectadas a un sistema informático que permite almacenar y facilitar la recolección de los datos meteorológicos actuales (Paredes y Pérez, 2008). Se seleccionaron estratégicamente una vivienda y un centro de salud en la zona de estudio, ambos con acceso a internet, con el objetivo de asegurar la conectividad y el óptimo funcionamiento de las estaciones meteorológicas.

A lo largo de un período de siete meses, comprendido entre enero y julio de 2025, se recolectaron diariamente datos meteorológicos correspondientes a las variables de precipitación, temperatura, humedad y evapotranspiración, utilizando las dos estaciones instaladas en las zonas de estudio. La información recolectada fue registrada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, con el fin de facilitar su posterior procesamiento y análisis estadístico (Montero et al., 2020).

Se realizó un análisis estadístico exhaustivo de las variables meteorológicas registradas en las bases de datos de cada estación. Se empleó la correlación de Pearson. Para la cual Gómez et al. (2019) nos dicen que estas estrategias estadísticas avanzadas permiten optimizar la precisión y exactitud en la obtención de resultados, con el objetivo de identificar la técnica más adecuada para el análisis de datos.

### Contraste con datos históricos de la NASA

El proceso de recolección de datos incluyó información histórica proporcionada por la NASA, abarcando un período de 12 años a partir de 2010 GISS (2025). Esta información fue promediada junto con las variables meteorológicas correspondientes

al periodo de monitoreo, con el fin de evaluar los datos de la investigación, tal como lo señalan Díaz y Lagos (2024). Los promedios obtenidos fueron fundamentales para analizar las variaciones y tendencias en los datos actuales, facilitando así la comparación entre distintos conjuntos de datos.

### 3. Resultados y Discusión

#### Resultado de encuesta a los productores de mandarina

La entrevista aplicada permitió identificar que, de manera sostenida a lo largo del tiempo, el rendimiento por planta de mandarina se concentra principalmente en un rango de 100 a 300 frutas, alcanzando una representatividad del 47%. Este resultado sugiere un rendimiento intermedio predominante dentro del sistema productivo evaluado, como se presenta en la Tabla 1.

La encuesta aplicada proporcionó información relevante sobre la experiencia productiva en el cultivo de mandarina. Se identificó que un 35% de los participantes cuenta con una trayectoria superior a los diez años en el cultivo y comercialización de esta fruta, lo que evidencia una actividad consolidada y de carácter intergeneracional tal como refiere He et al. (2022).

En relación con la diversidad varietal, se determinó un predominio marcado de la variedad Manabita, la cual representa el 82 % de los árboles cultivados en el área de estudio. Este hallazgo evidencia su papel central dentro del sistema productivo local, en concordancia con lo reportado por Maciá et al. (2024), quienes señalan que su elevada representatividad demanda estrategias de manejo y cuidados específicos. Asimismo, la marcada concentración varietal resalta la vulnerabilidad del sistema frente a riesgos asociados a la baja diversidad genética, tal como advierten Tarancón et al. (2021).

**Tabla 1** - Resumen del diagnóstico productivo de la mandarina.

Variable	Opciones	Porcentaje
Producción por planta	100 a 300	47 %
Tiempo de producción	Más de 10 años	35 %
Variedad más utilizada	La Manabita	82%
Área Cultivada	Menos de 1 ha	70%
Número de Plantas/ha	Menos de 300	70 %
Tiempo de cosecha	6 a 9 meses	41 %
Sistema de riego	No usa riego	41%

Fuente: Autores.

La encuesta también reveló detalles sobre la tenencia de la tierra y los árboles de mandarina. La tenencia de la tierra de los productores se concentra en 1 hectárea para el 71% de los encuestados. En cuanto a la tenencia de árboles, el 71% informó tener 300 árboles de naranja en sus tierras. Ladaniya et al. (2021) nos dicen que una densidad óptima de plantación de árboles de mandarina por hectárea puede influir significativamente tanto en la productividad como en las prácticas de manejo, así mismo Salik et al. (2023) reiteran su influencia en la productividad con los resultados encontrados.

En relación con las prácticas de rendimiento y cosecha, se determinó que el 41 % de los productores reporta una producción promedio de 100 a 300 frutos por ciclo de cosecha, con una periodicidad de 6 a 9 meses por año. Estos resultados se encuentran en concordancia con lo señalado por Alharbi et al. (2022), quienes reportan rendimientos del cultivo de mandarina dentro de un intervalo temporal similar. De manera análoga, Meena et al. (2025) documentaron rendimientos por hectárea consistentes con los obtenidos en el presente estudio.

Los resultados de la encuesta evidenciaron que el 70 % de los productores destina un área aproximada de 1 ha al cultivo de mandarina. Respecto a la densidad de plantación, el 71 % de los encuestados reportó poseer entre 200 y 300 árboles de



mandarina por unidad productiva. Estos datos reflejan una concentración predominante en superficies y densidades intermedias, lo que coincide con lo señalado por Haque y Sakimin (2022), quienes destacan que la productividad por unidad de área puede optimizarse mediante la implementación de prácticas de manejo agronómico eficientes, orientadas a maximizar el rendimiento del cultivo.

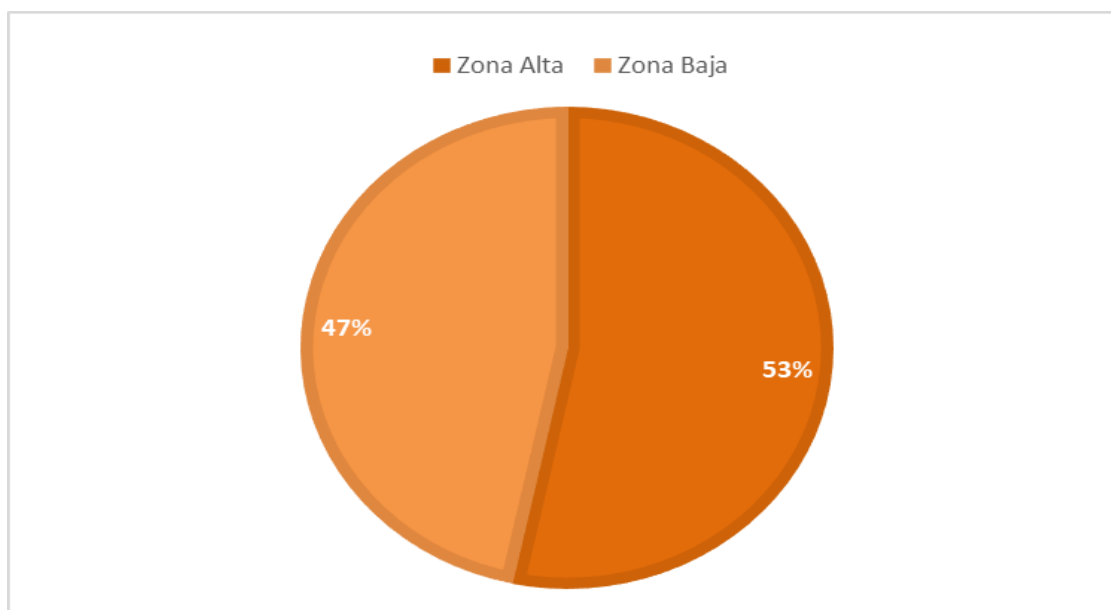
Las prácticas de riego constituyeron un hallazgo relevante dentro del análisis. Los resultados de la encuesta evidenciaron que el 41 % de los productores no implementan sistemas de riego, mientras que el porcentaje restante emplea principalmente métodos de aspersión y goteo. Este patrón de uso coincide con lo señalado por Primo et al. (2023), quienes destacan que la elección del sistema de riego influye directamente en la eficiencia del rendimiento de los cultivos, al optimizar la disponibilidad hídrica y reducir pérdidas por evaporación o percolación.

### Análisis de la producción de mandarina

Para estimar el rendimiento del cultivo, se obtuvo el peso promedio de 15 frutos de mandarina por finca, considerando tanto la zona alta como la zona baja. Este valor promedio se empleó posteriormente para calcular la producción total ( $Kg/m^2$ ) en cada área de estudio.

La Figura 2 muestra que en la zona alta el rendimiento alcanzó  $169,83 kg/m^2$ , representando el 53% del total, mientras que en la zona baja fue de  $149,18 kg/m^2$  (47%), evidenciando un aumento significativo en la productividad de la zona alta. Estos resultados coinciden con lo reportado por Nawaz et al. (2020), quienes señalan que condiciones climáticas favorables, como una distribución adecuada de las precipitaciones y temperaturas moderadas, contribuyen a mayores rendimientos. Asimismo, Berríos et al. (2023) destacan que la productividad agrícola depende de factores edafoclimáticos y de las características intrínsecas del cultivo, incluyendo su resistencia. De manera complementaria, Farooq et al. (2024) subrayan que las prácticas de manejo y la incorporación de innovaciones tecnológicas influyen directamente en la eficiencia y el rendimiento de los sistemas agrícolas.

**Figura 2 - Producción de cultivo.**



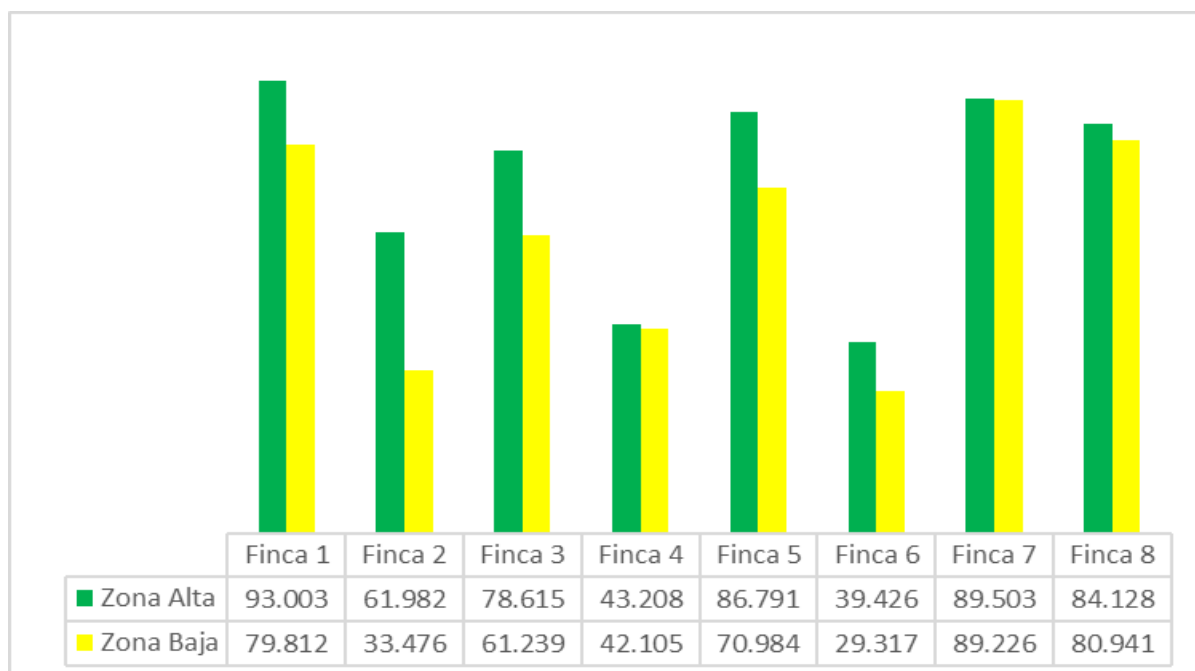
Fuente: Autores.

### Variaciones de la producción de mandarina entre zonas

En la Figura 3 se observa que la producción de mandarina es superior en la zona alta en comparación con la zona baja, considerando el número de frutos cosechados durante el semestre y el tiempo de recolección registrado por cada productor en las fincas evaluadas. En términos cuantitativos, la zona alta presentó una producción total de 576.656 mandarinas, mientras que en la zona baja se alcanzaron 487.100 frutos, lo que evidencia una diferencia significativa en el rendimiento entre ambas áreas de estudio.

Según Hu et al. (2024) destacan que los factores ambientales, como el clima y la calidad edáfica, desempeñan un papel determinante en la productividad agrícola. En este contexto, el mayor rendimiento observado en la zona alta podría estar asociado a condiciones climáticas más propicias o a una mayor aptitud del suelo para el cultivo, lo que contribuiría a explicar las diferencias de productividad respecto a la zona baja.

**Figura 3 - Producción del cultivo de mandarina.**



Fuente: Autores.

### Correlación de Pearson

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis de correlación de Pearson realizado para evaluar las relaciones lineales entre las variables climáticas recopiladas (precipitación, temperatura, humedad relativa y evapotranspiración). Los coeficientes de correlación obtenidos fueron interpretados según la escala estándar de magnitud, considerando el signo de cada valor para determinar si la relación era positiva o negativa (Díaz et al., 2018).

**Tabla 2 - Correlación de Pearson.**

Variable 1	Variable 2	Pearson
		Valor significativo
Temperatura de la zona alta	Humedad de la zona alta	-0,61 correlación negativa moderada
Temperatura de la Zona baja	Humedad de la zona baja	-0.65 correlación negativa moderada
Evapotranspiración de la zona alta	Temperatura de la zona alta	0.82 correlación positiva alta
Evapotranspiración de la zona baja	Temperatura de la Zona baja	0.87 correlación positiva alta
Humedad de la zona alta	Precipitación de la zona alta	-0.27 correlación negativa baja
Humedad de la zona baja	Precipitación de la zona baja	-0.40 correlación negativa baja
Temperatura de la zona alta	Precipitación de la zona alta	0.82 correlación positiva alta
Temperatura de la Zona baja	Precipitación de la zona baja	0.80 correlación positiva alta
Evapotranspiración de la zona alta	Humedad de la zona alta	-0.63 correlación negativa moderada
Evapotranspiración de la zona baja	Humedad de la zona baja	-0.62 correlación negativa moderada
Evapotranspiración de la zona alta	Precipitación de la zona baja	0.43 correlación positivas baja
Evapotranspiración de la zona baja	Precipitación de la zona alta	0.45 correlación positiva baja

Fuente: Autores.

Los resultados muestran que la correlación entre temperatura y humedad relativa fue de  $-0,61$  en la zona alta y de  $-0,65$  en la zona baja, evidenciando una relación inversa consistente y significativa. Este patrón refleja claramente la dinámica típica de los ecosistemas tropicales durante las épocas secas. De manera consistente con estos hallazgos, Bekraoui et al. (2022) reportaron que las altas temperaturas provocan una disminución marcada del contenido de humedad en los cultivos, mientras que Ariza et al. (2023) explican que esta relación inversa está directamente asociada con el déficit de presión de vapor (VPD), principal indicador de estrés hídrico en las plantas. Además, Dong et al. (2024) documentan que, en cítricos, las condiciones de calor y baja humedad pueden adelantar la maduración de los frutos, reducir su tamaño y aumentar la susceptibilidad al estrés hídrico, subrayando la relevancia de estas variables climáticas en la productividad agrícola.

La evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y la temperatura mostraron una correlación altísima ( $r = 0,82$  zona alta;  $r = 0,87$  zona baja), revelando que el calor eleva significativamente la demanda de agua de la atmósfera. Este patrón, propio de climas cálidos, se refuerza bajo baja humedad (Monterroso & Gómez, 2021) y coincide con lo observado por Acevedo y Reyes (2024), mientras que en regiones templadas la relación es menos pronunciada (Hidalgo et al., 2020).

En cuanto a la relación entre humedad relativa y precipitación, estudios recientes reportan correlaciones negativas bajas, lo que sugiere que las lluvias se presentan en periodos con baja humedad inicial, posiblemente asociadas a eventos convectivos rápidos (Ruiz et al., 2023).

La temperatura y la precipitación mostraron correlaciones positivas altas ( $r = 0,82$  zona alta;  $r = 0,80$  zona baja), un patrón que podría deberse a la ocurrencia de lluvias asociadas a tormentas térmicas (Nesbitt & Zipser, 2008). Este resultado guarda concordancia con lo señalado por Recalde et al. (2020), quienes encontraron que la variabilidad intraestacional de lluvias en la costa ecuatoriana está modulada por picos térmicos. Shafqat et al. (2021) reportan que en zonas cítricas subtropicales, lluvias y temperaturas altas pueden coincidir en periodos de transición estacional.

Finalmente, la relación entre evapotranspiración y precipitación, se observaron correlaciones positivas bajas a moderadas ( $r = 0,43$  y  $r = 0,45$ ), lo que refleja que, en meses de alta radiación solar, las lluvias no compensan la demanda evaporativa. En plantaciones cítricas del noroeste de México, Navejas et al. (2011) reportaron un comportamiento similar, señalando que la precipitación resulta insuficiente bajo condiciones de estrés hídrico moderado. De manera concordante, Sosa



et al. (2021) concluyeron que, en periodos secos prolongados, la evapotranspiración se convierte en el componente predominante del balance hídrico.

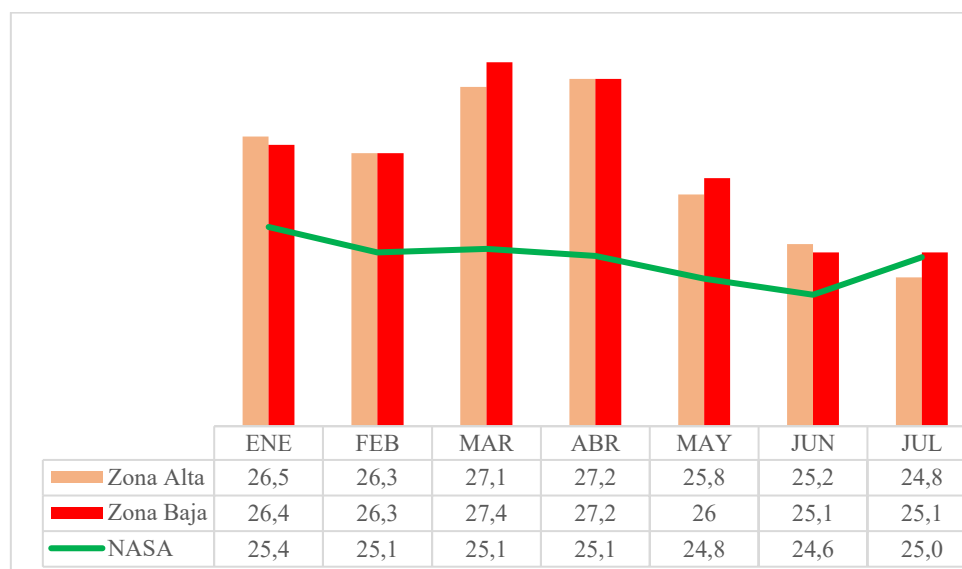
#### Contraste con los datos históricos de la NASA de los últimos 12 años.

Durante el periodo de monitoreo (enero-julio), en la Figura 4 la zona alta mostró temperaturas promedio mensuales que oscilaron entre 26,5 °C en enero y 25,2 °C en julio. En la zona baja, los valores se mantuvieron cercanos, con un máximo de 26,4 °C en enero y un descenso hasta 25,1 °C en julio. En comparación, los registros históricos de la NASA para regiones similares oscilan entre 25,4 °C en enero y 25,0 °C en julio.

Esto indica que la zona alta experimenta temperaturas ligeramente superiores (aproximadamente 1 °C más) a los datos históricos, mientras que la zona baja se aproxima con mayor cercanía a los valores de referencia de la NASA, especialmente hacia la mitad del periodo. Esta tendencia es consistente con estudios recientes que muestran que condiciones más cálidas que el promedio histórico pueden favorecer procesos fisiológicos como la floración y el llenado de frutos en cítricos, aunque también aumentan la demanda hídrica y el riesgo de estrés térmico (Shafqat et al., 2021; Terán et al. 2023).

La Figura 5 muestra que la humedad en la zona alta osciló entre 77,8 % (marzo) y 88,8 % (mayo), mientras que en la zona baja varió de 78,2 % (enero) a 88,9 % (mayo). Los valores históricos de la NASA para regiones equivalentes presentaron un rango más amplio, desde 75,8 % (julio) hasta 86,5 % (marzo), evidenciando que ambas zonas de estudio mantienen niveles superiores a los promedios históricos, especialmente en los meses de mayo y junio.

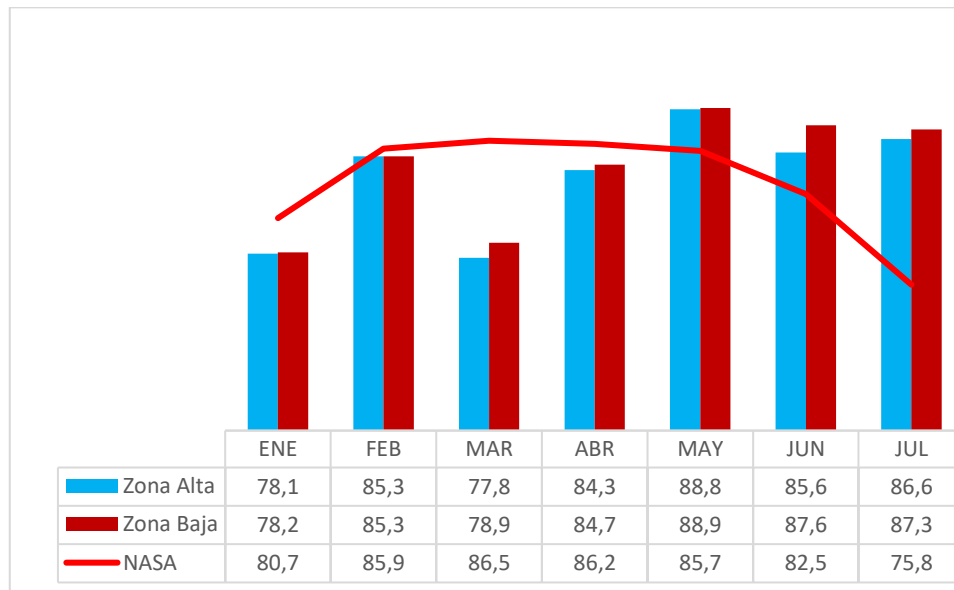
**Figura 4 - Datos de temperatura actuales e históricos.**



Fuente: Autores.

El análisis indica que la diferencia registrada responde a microclimas locales, influenciados por la proximidad de cuerpos de agua y la cobertura vegetal, que incrementan la humedad en los cultivos de mandarina. Se observó que niveles de humedad relativa superiores al óptimo favorecen la incidencia de enfermedades fúngicas como alternaria y mildiu, afectando la calidad del fruto y reduciendo el rendimiento comercial (Universidad de California, 2023). Sin embargo, esta condición también reduce el estrés hídrico en periodos cálidos, lo que favorece el llenado de fruto y la permanencia de hojas funcionales (Medda et al., 2022).

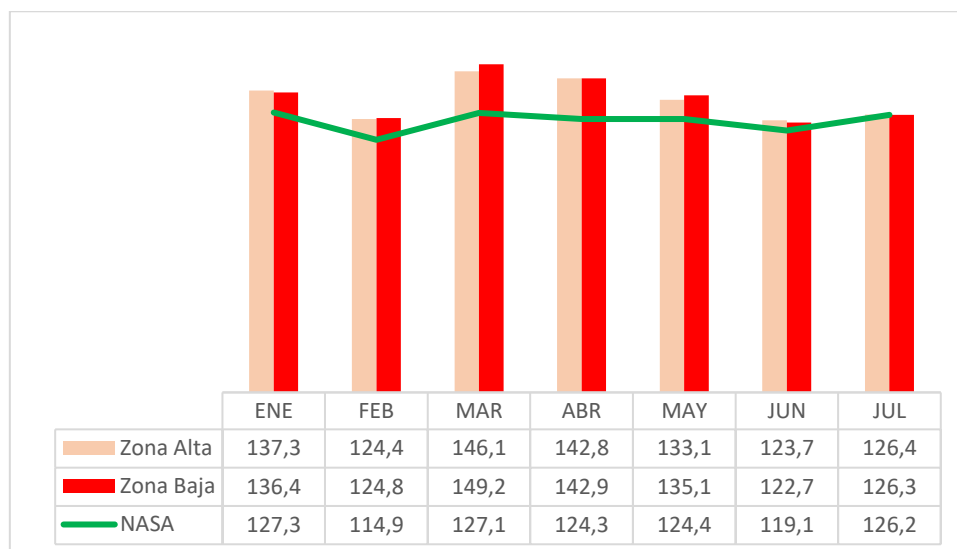
**Figura 5 - Datos de humedad actuales e históricos.**



Fuente: Autores.

En la Figura 6 se observa que la evapotranspiración (ET<sub>0</sub>) mensual en la zona alta osciló entre 123,1 mm en junio y 146,1 mm en marzo, mientras que en la zona baja varió de 122,7 mm en junio a 149,2 mm en marzo. En comparación, los registros históricos de la NASA mostraron valores ligeramente inferiores, con un rango de 119,1 mm a 127,1 mm durante el mismo periodo, evidenciando un incremento en la demanda evaporativa en ambas zonas de estudio.

**Figura 6 - Datos históricos y actuales de evapotranspiración.**

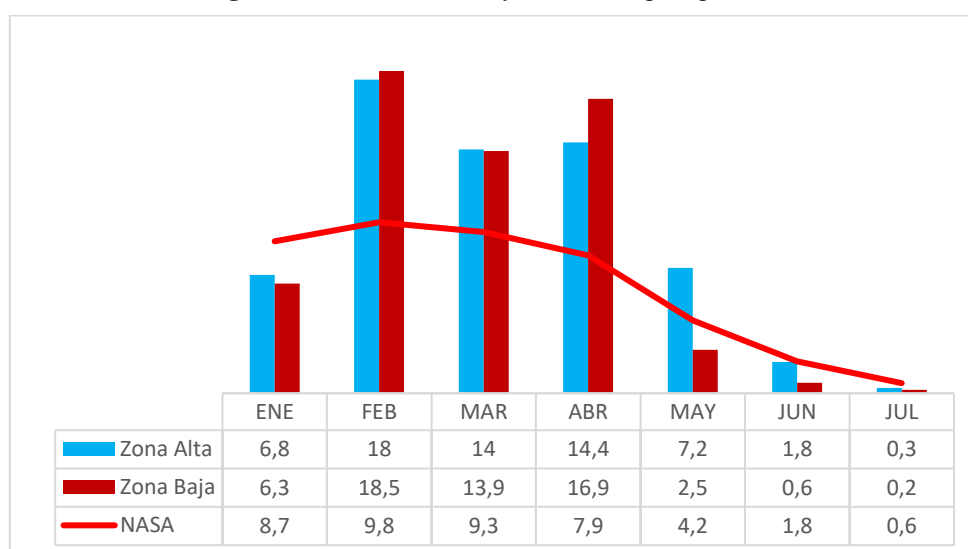


Fuente: Autores.

En general, se evidenció que tanto la zona alta como la baja registraron valores de evapotranspiración superiores a los históricos durante todo el periodo, alcanzando una diferencia máxima de aproximadamente 22 mm en marzo. Este incremento se asocia a temperaturas más elevadas y a niveles de humedad relativa superiores a lo normal, condiciones que intensifican la demanda evaporativa de la atmósfera (García et al., 2010). Un aumento de la ET<sub>0</sub> implica mayores requerimientos hídricos para

el cultivo de mandarina, especialmente durante las fases de floración y cuajado, consideradas etapas críticas para determinar el rendimiento final (Allen et al., 2021). La Figura 7 ilustra que la precipitación mensual varió de 0,3 mm en julio a 18 mm en febrero en la zona alta, mientras que en la zona baja osciló entre 0,2 mm y 18,5 mm durante el mismo periodo. Estos valores resultan considerablemente inferiores a los registros satelitales de la NASA, que fluctúan entre 0,6 mm y 9,8 mm. Esta discrepancia evidencia un déficit hídrico significativo, que, según Ayala (2014), puede estar asociado a microclimas locales y a la disminución progresiva de lluvias en la región litoral ecuatoriana. Tal reducción, como indican Revueltas et al. (2020), puede afectar la disponibilidad de agua para los cítricos, generando estrés en etapas críticas como la floración y la fructificación.

**Figura 7 - Datos históricos y actuales de precipitación.**



Fuente: Autores.

Las precipitaciones se concentraron principalmente durante el primer trimestre, un comportamiento característico de los climas tropicales monomodales descrito por Alexis y Wyseure (2018). No obstante, la drástica reducción observada a partir de mayo evidencia una prolongación de la estación seca, fenómeno que, según Vicente et al. (2016), se ha acentuado en zonas agrícolas como consecuencia de la variabilidad climática interanual. Este patrón no solo condiciona la dinámica hídrica del suelo, sino que también restringe procesos clave del desarrollo agrícola, como el crecimiento vegetativo y el llenado de frutos; tal como advierten Balfagón et al. (2021) en sus estudios sobre cítricos bajo escenarios de déficit hídrico.

Por otra parte, la marcada irregularidad en la distribución de las lluvias caracterizada por eventos de alta precipitación concentrada seguidos de lapsos secos prolongados incrementa la probabilidad de estrés hídrico intermitente. De acuerdo con Gariglio et al. (2024), este tipo de estrés resulta más nocivo para la calidad del fruto que un déficit hídrico continuo, debido a las alteraciones que provoca en los procesos de división y expansión celular. De manera concordante, Berríos et al. (2022) señalan que, en plantaciones frutales, estas fluctuaciones en la disponibilidad de agua favorecen la caída prematura de frutos y acortan significativamente su vida poscosecha.

Además, las precipitaciones reducidas durante la temporada seca restringen la recarga de acuíferos y disminuyen la disponibilidad de agua para riego suplementario, lo que, según Benavides et al. (2024), intensifica la competencia por recursos hídricos entre distintos sectores productivos. En el contexto de la producción de mandarina, esta limitación obliga a implementar estrategias de riego deficitario controlado, con el objetivo de optimizar el uso del agua sin comprometer la calidad organoléptica del fruto (Panigrahi, 2023). Asimismo, Ximénez et al. (2017) destacan que la reducción de precipitaciones no solo impacta la

productividad, sino que también puede favorecer la proliferación de plagas asociadas a climas secos, como ácaros y trips, afectando tanto el rendimiento como el valor comercial del cultivo.

#### 4. Conclusiones

En el cantón Chone, la zona alta “Río Santo” y la zona baja “Río Mosquito”, la variedad predominante de mandarina es la Manabita, representando el 82 % de los árboles cultivados en el área de estudio. La evapotranspiración y la temperatura mostraron una correlación positiva alta con la producción de mandarina (0,82 en la zona alta y 0,87 en la zona baja), lo que evidencia su influencia directa en el rendimiento del cultivo. Por el contrario, la humedad relativa y la precipitación exhibieron una correlación negativa baja en ambas zonas (−0,27 en el alta y −0,40 en la baja), reflejando la ocurrencia de lluvias en periodos de baja humedad inicial. La comparación de los datos obtenidos en campo con los registros históricos de la NASA mostró valores consistentes en temperatura y humedad, aunque con precipitaciones notablemente inferiores en ambas zonas durante el período analizado. Esta consistencia reafirma la confiabilidad de los datos climáticos locales y destaca la incidencia clave de las variables meteorológicas sobre el desempeño productivo de la mandarina.

Este estudio ofrece una aproximación inicial sobre la relación entre las condiciones climáticas y la producción de mandarina; sin embargo, el alcance de esta investigación está sujeto a las limitaciones por el corto periodo de observación (seis meses) y la dependencia de sólo dos estaciones meteorológicas, lo que reduce la capacidad de capturar la variabilidad anual completa. Para fortalecer la validez de los resultados, futuras investigaciones deberían contemplar series temporales más prolongadas y una red de monitoreo climático más amplia. De igual manera, integrar el análisis de prácticas agrícolas locales, esquemas de manejo adaptativo y la adopción de tecnologías emergentes permitiría identificar con mayor precisión los factores que potencian la resiliencia productiva del cultivo de mandarina frente a la dinámica del cambio climático.

#### Referencias

- Acevedo, A. A., & Reyes, E. P. R. (2024). Efecto de las variables meteorológicas en la evapotranspiración de referencia mediante métodos estadísticos multivariados en la cuenca del río Mosna. *Revista De Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(4), 180–185. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.622>
- Alcántara, E., Cuaical, J., Mora, S., Puetate, L., Revelo, V., & Ruiz, M. (2021). Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos Tropicales*, 42(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362021000200002y&lng=esyt&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000200002y&lng=esyt&lng=es)
- Alessandri, P., & Mumtaz, H. (2021). The macroeconomic cost of climate volatility. *SciSpace - Paper*. <https://typeset.io/papers/the-macroeconomic-cost-of-climate-volatility-58ab44ve6e>
- Alexis, T. S. V., & Wyseure, G. (2018). Seasonal rainfall patterns classification, relationship to ENSO and rainfall trends in Ecuador. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/81d7cabd-667b-49d7-97e2-5a21c5fee9c9>
- Alharbi, K., Alshallash, K. S., Hamdy, A. E., Khalifa, S. M., Abdel-Aziz, H. F., Sharaf, A., & Abobatta, W. F. (2022). Magnetic Iron–Improved Growth, Leaf Chemical Content, Yield, and Fruit Quality of Chinese Mandarin Trees Grown under Soil Salinity Stress. *Plants*, 11(21), 2839. <https://doi.org/10.3390/plants11212839>
- Apodaca, C., Juárez, J., Ramírez, B., & Méndez, J. (2023). Estrategias de adaptación campesina ante la variabilidad climática. Caso del café, municipio de Huehuetla, estado de Puebla, México. *Revista Geográfica Venezolana*, 64(1), 73–84. <https://doi.org/10.53766/rgv/2022.64.01.03>
- Aria, P. A., Rivera, J. A., Sörensson, A. A., Zachariah, M., Barnes, C., Philip, S., ... Otto, F. E. L. (2023). Interplay between climate change and climate variability: the 2022 drought in Central South America. *Climatic Change*, 177(1). <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03664-4>
- Ariza, A., Pavón, P., Carmona, R., De Ravé, E. G., & Jiménez, F. (2019). Joint multifractal analysis of air temperature, relative humidity and reference evapotranspiration in the middle zone of the Guadalquivir river valley. *Agricultural and Forest Meteorology*, 278, 107657. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107657>
- Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2021). El futuro de los cítricos: Impacto del cambio climático en la citricultura. *Mètode Revista De Difusió De La Investigació*. <https://doi.org/10.7203/metode.12.20319>

- Bekraoui, A., Chakir, S., Fatnassi, H., Mouqallid, M., & Majdoubi, H. (2022). Climate Behaviour and plant heat activity of a citrus Tunnel Greenhouse: A Computational Fluid Dynamic study. *AgriEngineering*, 4(4), 1095–1115. <https://doi.org/10.3390/agriengineering4040068>
- Benavides, H. M., Correa, V., Pucha, D., & Pucha, F. (2024). Analysis of land use change and hydrogeological parameters in the Andean Semiarid Region of Ecuador. *Water*, 16(6), 892. <https://doi.org/10.3390/w16060892>
- Berrios, P., Temnani, A., Zapata, S., Forcén-Muñoz, M., Franco, J. A., & Pérez-Pastor, A. (2022). Sensitivity to water deficit of the second stage of fruit growth in late mandarin trees. *Irrigation Science*, 41(1), 35–47. <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00796-w>
- Berrios, P., Temnani, A., Zapata-García, S., Sánchez-Navarro, V., Zornoza, R., & Pérez-Pastor, A. (2023). Effect of deficit irrigation and mulching on the agronomic and physiological response of mandarin trees as strategies to cope with water scarcity in a semi-arid climate. *Scientia Horticulturae*, 324, 112572. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112572>
- Calicioglu, O., Flammini, A., Bracco, S., Bellù, L., & Sims, R. (2019). The Future Challenges of Food and Agriculture: An Integrated Analysis of Trends and Solutions. *Sustainability*, 11(1), 222. <https://doi.org/10.3390/su11010222>
- Díaz, D. A. F., & Lagos, J. C. E. (2024). Modelamiento hidráulico para evaluar impactos ambientales de variaciones en la intensidad de lluvias en Trujillo, Perú. *Revista Alfa*, 8(23), 610–621. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.289>
- Díaz, H. A. O., Amado, C. D. E., & Mora, S. B. S. (2018). Análisis estadístico de variables climatológicas en la ciudad de Cúcuta. *Respuestas*, 23(1), 39–44. <https://doi.org/10.22463/0122820x.1328>
- Donadelli, M., Jüppner, M., & Vergalli, S. (2021). Temperature Variability and the Macroeconomy: A World Tour. *Environmental And Resource Economics*, 83(1), 221–259. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00579-5>
- Dong, Z., Chen, M., Srivastava, A. K., Mahmood, U. H., Ishfaq, M., Shi, X., Zhang, Y., Moussa, M. G., Li, X., Hu, C., & Zhang, F. (2024). Climate changes altered the citrus fruit quality: A 9-year case study in China. *The Science of the Total Environment*, 923, 171406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171406>
- Fonseca, N. E., Salamanca, J. D., & Vega, Z. Y. (2019). La agricultura familiar agroecológica, una estrategia de desarrollo rural incluyente. Una revisión. *Temas Agrarios*, 24(2), 96–107. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1356>
- García, I., Romero, R., Jiménez, J., Martínez, G., Durán, V., & Muriel, J. (2010). Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity. *Agricultural Water Management*, 97(5), 689–699. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.12.012>
- Gariglio, N., Reig, C., & Agustí, M. (2024). Unraveling water relations in growing fruit: insights from the epidermal growth regulation hypothesis. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1495916>
- Gómez, S., Torres, V., García, Y., Herrera, M., Medina, Y., & Rodríguez, R. (2019). Procedimiento estadístico para el análisis de experimentos con medidas repetidas en el tiempo en la esfera agropecuaria. *Cuban Journal Of Agricultural Science*, 53(4), 353–360. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v53n4/2079-3480-cjas-53-04-353.pdf>
- Haque, M. A., & Sakimin, S. Z. (2022). Planting Arrangement and Effects of Planting Density on Tropical Fruit Crops—A Review. *Horticulturae*, 8(6), 485. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060485>
- He, L., Fang, W., Zhao, G., Wu, Z., Fu, L., Li, R., Majeed, Y., & Dhupia, J. (2022). Fruit yield prediction and estimation in orchards: A state-of-the-art comprehensive review for both direct and indirect methods. *Computers And Electronics In Agriculture*, 195, 106812. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106812>
- Hidalgo, M., Ángeles, G., Yépez, E. A., Plascencia, F. O., Delgado, J., & González, T. M. (2020). Evapotranspiración e intercambio de energía en un bosque templado de México. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 12(2), 490–537. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-02-11>
- Hu, T., Zhang, X., Khanal, S., Wilson, R., Leng, G., Toman, E. M., Wang, X., Li, Y., & Zhao, K. (2024). Climate change impacts on crop yields: A review of empirical findings, statistical crop models, and machine learning methods. *Environmental Modelling y Software*, 179, 106119. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106119>
- Ladaniya, M. S., Marathe, R. A., Murkute, A. A., Huchche, A. D., Das, A. K., George, A., & Kolwadkar, J. (2021a). Response of Nagpur mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) to high density planting systems. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89221-4>
- Maciáz, A. A., Núñez, D., Martínez, J. J., Legua, P., & Melgarejo, P. (2024). Mandarin Variety Significantly Affects the Metabolites Present in the Leaves. *Horticulturae*, 10(4), 359. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040359>
- Martínez, A. M., Tordecilla, L., Grandett, L. M., Del Valle Rodríguez, M., Cordero-Cordero, C. C., Silva-Acosta, G. E., ... Orozco-Guerrero, A. R. (2019). Análisis económico de la producción de berenjena (*Solanum melongena* L.) en dos zonas productoras del Caribe colombiano: Sabanas de Sucre y Valle del Sinú en Córdoba. *Ciencia y Agricultura*, 16(3), 17–34. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9514>
- Martínez, E. A., De Niz-Lara Ingeniera, E. M., Benítez-Muñoz, M. Á., Olguín, J. L., Guevara, R. D., Meza, D., & Villalvazo, V. M. (2019, junio). Geoprocessamento aplicado a análise geoambiental no município de Vitória da Conquista-Bahia. *Revista Geográfica de América Central*. <https://doi.org/10.15359/rgac.62-1.1>
- Medda, S., Fadda, A., & Mulas, M. (2022). Influence of climate change on metabolism and biological characteristics in perennial woody fruit crops in the Mediterranean environment. *Horticulturae*, 8(4), 273. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040273>
- Meena, P. N., Raghavendra, D., Singh, S., Kumar, N., Khokhar, M. K., Chander, S., Lal, M. K., Tiwari, R. K., & Kumar, R. (2025). Integrated Pest Management Techniques in a Kinnow Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) Orchard with an Emphasis on Yield Improvement. *Heliyon*, 11(4), e42574. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42574>

- Montero, V. F. P., Muñoz, O. B. S., Escobar, K. M., & Fiallos, F. R. G. (2020). La Caracterización de las unidades productivas de soya en la costa ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–20. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num3\\_art:1494](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1494)
- Monterroso, A. I., & Gómez, J. D. (2021). Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.774>
- NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS). (2025). GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4. Recuperado de <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/> Navejas, J., Nieto-Garibay, A., Fraga, H. C., Rueda, E. O., y Avila, N. Y. (2011). Comparación de métodos para estimar la evapotranspiración en una zona árida citrícola del noroeste de México. *Ropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(2), 147–155.
- Nawaz, R., Abbasi, N., Hafiz, I. A., & Khalid, A. (2020). Impact of climate variables on fruit internal quality of Kinnow mandarin (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora) in ripening phase grown under varying environmental conditions. *Scientia Horticulturae*, 265, 109235. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109235>
- Nelson, G., Rosegrant, Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., ... Lee, D. (2009). Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. <https://doi.org/10.2499/0896295370>
- Nesbitt, S. W., & Zipser, E. J. (2003). The diurnal cycle of rainfall and convective intensity according to three years of TRMM measurements. *Journal of Climate*, 16(10), 1456–1475. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<1456:TDCORA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<1456:TDCORA>2.0.CO;2)
- Palominos, T., Villatoro, M., Alvarado, A., Cortés, V., & Paguada, D. (2022). Estimación de la humedad del suelo mediante regresiones lineales múltiples en Llano Brenes, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 47872. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47872>
- Panigrahi, P. (2023). Scheduling irrigation for improving water productivity and fruit quality in citrus (cv. Nagpur mandarin) under a dry tropical climate. *Irrigation Science*, 41(4), 511–520. <https://doi.org/10.1007/s00271-023-00847-w>
- Paredes, A., & Perez, M. (2008, marzo). Diseño de la red de transmisión de datos para el Centro de Comunicaciones Hidrometeorológico del INAMHI para la provincia del callejón Interandino del Ecuador utilizando la plataforma celular GPRS [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-imageviewer.pl?biblionumber=8455>
- Pereira, A S et al. (2018). Metodología de la investigación científica. [libro electrónico gratuito]. Santa María/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Pérez, R., Cabrera, E., Hinostroza, M. I., & Manzaba, J. R. (2018). Régimen de riego de cultivos en Manabí-Ecuador: estudio climatológico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1), 5–12. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v27n1/rcta01118.pdf>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chone [PDOT]. (2014). En GADM Chone. <https://chone.gob.ec/pdf/lotaip2/documentos/pdot.pdf>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Chone [PDOT]. (2019).
- Primo, A., Molina, M. D., Catalá, L., De Miguel, B., & Bolarín, F. (2020). Optimización del uso del agua mediante la aplicación de riego deficitario controlado (RDC) en cítricos: Una revisión. *Agricultural Water Management*, 241, 106354. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106354>
- Rao, N., Nguyen, H., & Liu, X. (2020). A review of climate change impact on citrus yield, quality, and management practices. *Agricultural Systems*, 181, 102824. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102824>
- Reddy, M., & Sreenivas, T. (2021). Assessment of irrigation scheduling and evapotranspiration in citrus orchards: a case study. *Irrigation Science*, 39(2), 221–237. <https://doi.org/10.1007/s00271-021-00785-2>
- Rengasamy, R. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613–620. <https://doi.org/10.1071/FP09254>
- Reyes, H., & Andrade, M. (2017). Evaluación del comportamiento fenológico de las principales variedades de cítricos en Ecuador. *Revista de Ciencias Hortícolas*, 43(2), 215–228. <https://doi.org/10.21930/rch.v43i2.1909>
- Rincón, G. J., & Morales, A. P. (2021). Optimización de riego en cítricos mediante métodos de evapotranspiración. *AgroCiencia*, 55(1), 65–80. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030227>
- Rodríguez, C., Delgado, M., & Pérez, E. (2020). Influencia de la evapotranspiración en la productividad de mandarinas en la región mediterránea. *Journal of Agricultural Science*, 12(3), 102–115. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n3p102>
- Sallam, A., Abdel-Sattar, M., & El-Ramady, H. (2022). Influence of deficit irrigation on growth, yield and fruit quality of citrus under Mediterranean conditions: A review. *Agricultural Water Management*, 270, 107720. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107720>
- Santamaría, C. L., & Hidalgo, H. E. (2017). Variabilidad de precipitación en la región costa de Ecuador. *Investigación Agraria*, 11(1), 43–52.
- Shitsuka, R. & col. (2014). Matemáticas fundamentales para la tecnología. (2ª ed.). Editora Érica.
- Torres, A., & Gómez, J. (2019). Análisis de evapotranspiración y su impacto en la producción de cítricos en la costa ecuatoriana. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 101–115. <https://doi.org/10.21930/rcta.v20i2.135>
- Ugarte, D., Salcedo, P., & Espinoza, F. (2018). Efecto de las variables climáticas sobre la calidad de frutos cítricos en Ecuador. *Revista Agropecuaria*, 22(1), 55–68. <https://doi.org/10.29244/agrop.22.1.55-68>
- Vallejo, D., Morales, R., & Quintero, F. (2020). Estimación de la evapotranspiración mediante modelos Hargreaves-Samani y Penman-Monteith en el valle del río Chone, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 387–400. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.42517>



Vargas, F., Delgado, P., & Zambrano, G. (2019). Impacto del déficit hídrico sobre la producción y calidad de la mandarina. *Revista de Ciencias Ambientales*, 18(2), 79–90. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000200079>

Vieira, S. (2021). *Introducción a la bioestadística*. Editorial GEN/Guanabara Koogan.

Villarroel, M., Molina, L., & Torres, F. (2021). Influencia del régimen hídrico en la fisiología y producción de cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 45–56. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.01.05>

Wang, L., Li, X., & Chen, Y. (2023). Influence of climate variability on citrus fruit growth and quality: A case study in Southeast China. *Environmental Research*, 226, 115620. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115620>

Zambrano, J. (2019). Evaluación del estándar de calidad en el manejo postcosecha de la mandarina (*Citrus reticulata*) en el sitio San Andrés del Cantón Chone, en el año 2019. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/2302>

Zhang, X., Wang, Y., & Xu, L. (2020). Water productivity and yield response of mandarins to deficit irrigation in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 234, 106128. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106128>