



Acta Agronómica

ISSN: 0120-2812

ISSN: 2323-0118

Universidad Nacional de Colombia

Zamudio Galo, Misael; Serna Lagunes, Ricardo; Meza, Pablo Andrés; Galindo Tovar, María Elena; Del Rosario Arellano, José Luis; Cruz-Castillo, Juan Guillermo

Factores edafoclimáticos y productividad de tres variedades de mango (*Mangifera indica* L) en Veracruz, México

Acta Agronómica, vol. 72, núm. 2, 2023, Abril-Junio, pp. 146-155

Universidad Nacional de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v72n2.111668>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169977902006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Factores edafoclimáticos y productividad de tres variedades de mango (*Mangifera indica* L) en Veracruz, México

Edaphoclimatic factors and productivity of three mango varieties (*Mangifera indica* L) in Veracruz, Mexico

Misael Zamudio Galo ^{1,3}, Ricardo Serna Lagunes ^{1,4}, Pablo Andrés Meza ^{1,5}, María Elena Galindo Tovar ^{1,6}, José Luis Del Rosario Arellano ^{1,7}, Juan Guillermo Cruz-Castillo ^{2,8}.

¹Universidad Veracruzana, Veracruz, México. ²Universidad Autónoma Chapingo. Veracruz, México. ³ ✉ zs20000092@estudiantes.uv.mx;

⁴ ✉ rserna@uv.mx; ⁵ ✉ pandres@uv.mx; ⁶ ✉ meagalindo@uv.mx; ⁷ ✉ jdelrosario@uv.mx; ⁸ ✉ jcruz@chapingo.mx



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n2.111668>

2023 | 72-2 p 146-155 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2023-10-19 Acep.: 2023-12-26

Resumen

Diversos factores edafoclimáticos influyen en la productividad del mango (dendrometría, floración y fructificación). El objetivo de esta investigación fue analizar los factores edafoclimáticos que influyen en la productividad de 3 variedades de mango (Keitt, Ataulfo y Manila) en la Cuenca del Papaloapan, Veracruz, México. Se realizaron mediciones dendrométricas de árboles de 3 variedades de mango en 15 huertas (n= 5 huertas por variedad) y se adquirieron los valores de 33 variables edafoclimáticas utilizando sistemas de información geográfica; posteriormente, se aplicó un análisis de comparación con las variables dendrométricas y edafoclimáticas. La variedad Manila sobresalió en términos dendrométricos como respuesta a condiciones edafoclimáticas idóneas para su desarrollo fisiológico. Sin embargo, las 3 variedades se desarrollaron bajo valores edafoclimáticos singulares a los que ya se encuentran adaptados; Keitt y Manila fueron los de mayor productividad.

Palabras clave: dendrometría, huertas, sistemas de información geográfica, suelo, WorldClim.

Abstract

Various edaphoclimatic factors influence mango productivity (dendrometry, flowering and fruiting). The objective of the study was to analyze the edaphoclimatic factors that influence the productivity of 3 mango varieties (Keitt, Ataulfo and Manila) in the Papaloapan Basin in Veracruz, Mexico. Dendrometric measurements were carried out on trees of 3 mango varieties in 15 orchards (n = 5 orchards per variety) and the values of 33 edaphoclimatic variables were acquired using geographic information systems; a comparison analysis was carried out with the dendrometric and edaphoclimatic variables. The Manila variety stood out in dendrometric terms as a response to ideal edaphoclimatic conditions for its physiological development. However, the 3 varieties are developed under unique edaphoclimatic values to which they are already adapted, with Keitt and Manila having the highest productivity.

Keywords: dendrometry, geographic information systems, orchards, soil, WorldClim.

Introducción

El mango es un fruto destacado, con amplia aceptación por su sabor, aroma y propiedades nutricionales y con una demanda creciente en el mercado nacional e internacional (Maldonado *et al.*, 2016); es el tercer fruto tropical en términos de producción e importación a nivel mundial, se cultiva en 29 países y en 2019 se sembraron 5 411 680 ha de mango. El país con mayor área cosechada es India, y México se posiciona en el quinto lugar (FAOSTAT, 2019). En México, los principales estados productores de mango son Guerrero (22 %), Nayarit (17 %), Sinaloa (15 %), Oaxaca (10 %), Chiapas (9 %), Michoacán (8 %) y Veracruz (7 %); que acumulan más del 80 % de la producción nacional (SAGARPA, 2016).

El territorio mexicano cuenta con diferentes regiones productoras de una importante variedad de cultivares de mango, pero en el estado de Veracruz, además de su importancia socioeconómica y productiva, el cultivo de mango enfrenta problemas agroecológicos y de manejo de huertas. Por ejemplo, los municipios como Actopan, Emiliano Zapata, Paso de Ovejas, Chacaltianguis y Cosamaloapan presentan una producción de 15 ton/ha/año, pero el cultivo está siendo desplazado por la caña de azúcar, la malanga y otros frutales (Arce-Castro, 2018). De tal manera, la disminución en superficie cultivada de mango se debe al abandono de huertas a causa de la escasa mano de obra, el escaso financiamiento para el establecimiento de nuevas huertas con variedades mejoradas y, además, enfrenta los cambios climáticos ambientales (SAGARPA, 2016).

Los factores químicos, físicos y biológicos del suelo y la variabilidad espacial- temporal juegan un papel importante en el rendimiento y calidad del mango (Mali *et al.*, 2016; Ordaz *et al.*, 2021); para el cultivo, además, se requiere irrigación (Wei *et al.*, 2017) y fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio (Salazar *et al.*, 2014), por lo tanto, los estudios de caracterización edafológica son indispensables para determinar la calidad del suelo en huertas de mango y para el manejo de la fertilización (Medina *et al.*, 2016).

Los factores climáticos son variables abióticas que influyen sobre el desarrollo del mango y sobre la proliferación de fitopatógenos (Chiguachi *et al.*, 2020). La temperatura es importante para el cultivo de mango, pues su efecto promueve el periodo de floración (Adak *et al.*, 2016); pero a temperaturas extremas (15 y 35 °C) y baja humedad ocasionan daños a flores (Ramírez y Davenport, 2010; 2012; 2014) y a frutos en desarrollo (Mwaurah *et al.*, 2020). La distribución de la precipitación que el cultivo de mango requiere es una época lluviosa alternada con una temporada seca (Talib *et al.*, 2020), ya que la época seca coincide con el inicio de floración hasta el desarrollo del fruto y cuando la precipitación se encuentra entre 1500 y 2000 mm (Prieto *et al.*, 2015).

La Cuenca del Papaloapan en el estado de Veracruz, México, es una región con un clima idóneo para la producción de mango, pero con las variaciones en las condiciones edafoclimáticas —debidas al cambio climático—, la falta de saneamiento, de asistencia técnica y por el abandono de huertos, la productividad y la viabilidad del cultivo de mango se ven comprometidos (SAGARPA, 2016). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue analizar los factores edafoclimáticos que influyen en la productividad de 3 variedades de mango (Keitt, Ataulfo y Manila) en la Cuenca del Papaloapan, Veracruz, México.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en 15 huertas de mango ($n= 5$ huertas por variedad), ubicadas entre 10 y 15 m s. n. m. y separadas geográficamente entre 1 y 8 km de distancia entre sí, pertenecientes a los municipios de Cosamaloapan ($18^{\circ}22'0''N$, $95^{\circ}48'0''O$) y Chacaltianguis ($18^{\circ}18'0''N$, $95^{\circ}50'0''O$), localizados en la cuenca hidrográfica del río Papaloapan y en la vertiente del Golfo de México (Figura 1).

Durante 2022, se eligieron 15 huertas de mango bajo los criterios de un diseño de muestreo en parcelas, es decir, cada huerta (parcela) constituyó un tratamiento, y cada tratamiento contó con cinco repeticiones ($n= 5$ árboles por variedad de mango). Cada árbol constituyó una unidad experimental, con lo que se tuvo un total de 5 huertas por variedad de mango y 5 árboles por cada huerta, teniendo un total de 25 repeticiones por variedad de mango. En este sentido, el estudio completo contó con 75 unidades experimentales (25 árboles por variedad de mango) y 3 tratamientos (las variedades de mango, Keitt, Ataulfo y Manila), las cuales se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar. Las características dendrométricas que se midieron en los 5 árboles por variedad de mango fueron: altura (A) en m, diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm, número de ramas (Nr) y número de frutos (Nf). Estas variables se describieron con estadística de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar: D. E.; error estándar: E. E.; coeficiente de variación: C. V.; valor mínimo: min; valor máximo: max).

Igualmente, se evaluaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilks a un $\alpha= 0.05$), de homocedasticidad de varianzas (prueba de Levene, a un $\alpha= 0.05$), y se aplicó un análisis de varianza no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis, a un $\alpha= 0.05$) para determinar diferencias intra e intervariedades de mango. También se estimó el coeficiente de determinación (R^2) para correlacionar la variación explicada por las variables al modelo con respecto a la varianza total, utilizando el software estadístico Infostat® (Di Rienzo *et al.*, 2017).

Así mismo, se adquirieron 6 capas de propiedades del suelo: materia orgánica (Mo, %), magnesio (Mg, cmol L^{-1}), potasio (K, cmol L^{-1}), sodio (Na,

cmol L⁻¹), carbono orgánico (Co, kg m⁻²) y potencial de hidrógeno (pH) (Cruz-Cárdenas *et al.*, 2014); y se determinaron 19 variables climáticas de WorldClim del periodo 1970-2000 distribuidas en 11 variables de temperatura en °C (Bio1: temperatura media anual; Bio2: rango medio mensual de temperatura; Bio3: isothermalidad; Bio4: estacionalidad de la temperatura; Bio5: temperatura máxima del mes más cálido; Bio6: temperatura máxima del mes más frío; Bio7: rango anual de temperatura; Bio8: temperatura media del trimestre más lluvioso; Bio9: temperatura media del trimestre más seco; Bio10: temperatura media del trimestre más cálido; Bio11: temperatura media del trimestre más frío); además, se tomaron 8 variables de precipitación en mm (Bio12: precipitación anual; Bio13: precipitación del mes más lluvioso; Bio14: precipitación del mes más seco; Bio15: estacionalidad de la precipitación; Bio16: precipitación del trimestre más lluvioso; Bio17: precipitación del trimestre más seco; Bio18: precipitación del trimestre más cálido; Bio19: precipitación del trimestre más frío) (Fick y Hijmans, 2017). De igual manera, se determinaron 8 parámetros bioclimáticos que incluyeron la evaporación en mm (Bio20: evaporación en clima húmedo; Bio21: evaporación en clima seco; Bio22: evaporación anual), la precipitación climática en mm (Bio23: precipitación en clima húmedo; Bio24: precipitación en clima seco; Bio25: precipitación anual) y temperatura por clima en °C (Bio26: temperatura en clima húmedo; Bio27: temperatura en clima seco; Bio28: temperatura mediana) con base en el Atlas Climático Digital de México del periodo 1902 a 2011 (Fernández-Eguiarte *et al.*, 2012).

Los valores de las 33 capas se obtuvieron mediante el proceso de adquisición de datos a través del *plugin* Point Sampling Tool® en el *software* QGIS®

v. 3.34 (2018), el cual recopila los atributos (valores) de las capas edafoclimáticas a partir de los puntos geográficos de la ubicación de las huertas (Alonso, 2018; Aldana *et al.*, 2021). Este procedimiento provee información de la condición edafoclimática de las áreas donde se cultiva mango; estos valores se presentan en promedio y desviación estándar (Comino *et al.*, 2014).

Resultados y discusión

Las características dendrométricas de las variedades de mango variaron inter e intravarietades. La variedad *Manila* presentó una altura de 26.2 ± 5.28 m, que superó a las variedades *Ataulfo* y *Keitt*. El DAP varió de 30.21 ± 5.43 cm en *Keitt* a 37.91 ± 2.83 cm en *Manila*, y fue la variedad *Manila* la que presentó el mayor número de ramas, *Ataulfo* el menor número de frutos y *Keitt* la mayor cantidad de estos (Tabla 1).

Las variables dendrométricas presentaron una distribución normal (prueba de Shapiro-Wilks: altura= 5.68, P= 0.91; DAP= 5.28, P= 0.96; n.º de ramas= 7.27, P= 0.85; n.º de frutos= 9.58, P= 0.53) con varianzas homogéneas (prueba de Levene: altura= 11.06, P= 0.23; DAP= 5.39, P= 0.13; n.º de ramas= 16.03, P= 0.31; n.º de frutos= 22.94; P= 0.39) y con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre huertas y entre variedades de mango, según la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 2).

Las propiedades del suelo de las huertas de mango presentaron un rango superior al 2 % de materia orgánica, mientras que Mg y Na se mantienen estables, y K y pH se encontraron dentro del rango ideal para la producción (Tabla 3).

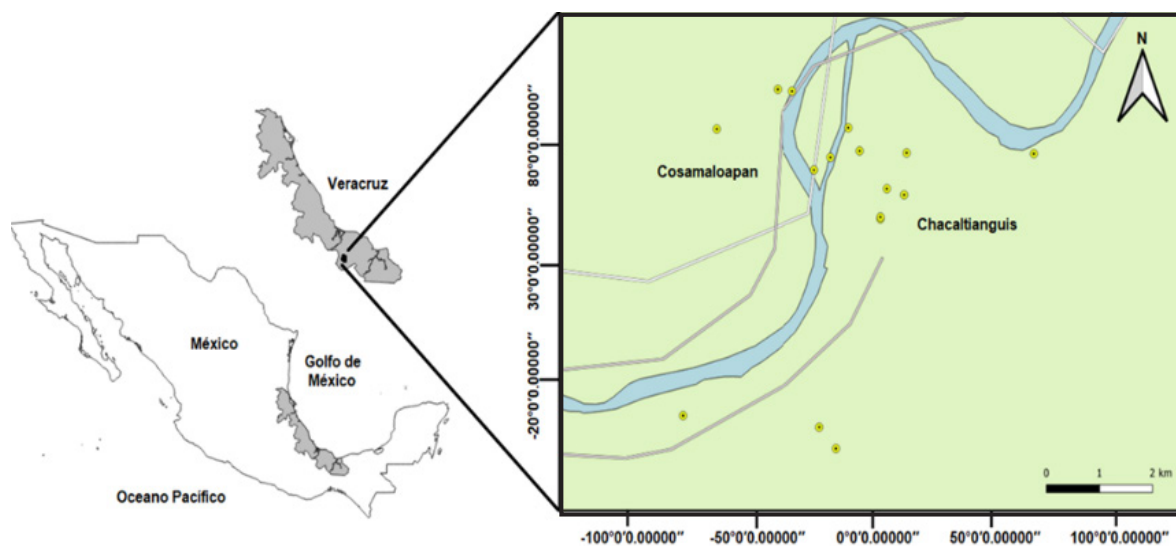


Figura 1. Ubicación geográfica de las 15 huertas (puntos amarillos) localizadas en los municipios de Cosamaloapan y Chacaltianguis, Veracruz, México, irrigados por el río Papaloapan que conforma la Cuenca del Papaloapan; la información de los atributos geográficos se obtuvo con un equipo GPS (Garmin®) durante las visitas en cada huerta (2022) y fueron graficados en este mapa elaborado con el *software* QGIS® v. 3.34.

Tabla 1. Dendrometría de variedades de mango en Veracruz, México

Variedad	Variable	Media	D. E.	E. E.	CV	Min	Max
Ataulfo	Altura	18.64	1.8	0.36	9.66	16	22
	DAP	31.21	3.44	0.69	11.02	25.7	37.2
	N.º de ramas	17.96	2.91	0.58	16.19	12	24
	N.º de frutos	5.43	0.91	0.18	16.85	3.96	7.92
Variedad	Variable	Media	D. E.	E. E.	CV	Min	Max
Keitt	Altura	16.08	3.26	0.65	20.3	10	22
	DAP	30.21	5.43	1.09	17.99	22.1	42.9
	N.º de ramas	16.96	2.47	0.49	14.59	13	22
	N.º de frutos	25.3	3.86	0.77	15.25	19.09	32.31
Variedad	Variable	Media	D. E.	E. E.	CV	Min	Max
Manila	Altura	26.2	5.28	1.06	20.17	18	36
	DAP	37.91	2.83	0.57	7.47	31.8	43.9
	N.º de ramas	29.4	6.98	1.4	23.73	18	42
	N.º de frutos	6.11	1.49	0.3	24.33	4.05	9.44

Tabla 2. Análisis de Kruskal-Wallis por variable dendrométrica

Variable	R ²	CV	Fuente	SS	MS	F	P-value
Altura	0.9	9.67	Modelo	2156.75	154.05	39.98	<0.0001
			Variedad	1384.35	692.17	179.63	<0.0001
			Huertas	772.4	64.37	16.7	<0.0001
			Error	231.2	3.85		
			Total	2387.95			
DAP	0.72	9.33	Modelo	1490.46	106.46	11.15	<0.0001
			Variedad	878.02	439.01	46	<0.0001
			Huertas	612.44	51.04	5.35	<0.0001
			Error	572.65	9.54		
			Total	2063.11			
N.º de ramas	0.87	13.36	Modelo	3414.48	243.89	29.74	<0.0001
			Variedad	2388.56	1194.28	145.64	<0.0001
			Huertas	1025.92	85.49	10.43	<0.0001
			Error	492	8.2		
			Total	3906.48			
N.º de frutos	0.91	13.42	Modelo	294 298.67	21 021.33	43.31	<0.0001
			Variedad	275 362.67	137 681.33	283.68	<0.0001
			Huertas	18 936	1578	3.25	0.0012
			Error	29 120	485.33		
			Total	323 418.67			

*CV: coeficiente de variación; SS: suma de cuadrados; MS: cociente entre la suma de cuadrados y sus grados de libertad; F: estadístico de prueba F de Fisher.

Las variaciones de temperatura se encontraron en un rango de 9.5 °C a 34.9 °C, y fue la época de secas (marzo, abril y mayo) cuando los picos de temperatura aumentaron, mientras que la precipitación disminuyó en este periodo (Tabla 4).

El régimen de precipitación pluvial en las huertas de las 3 variedades de mango se encontró en un rango que varió desde 21 a 1667 mm de precipitación, lo

que indica que la lluvia escasea en ciertos periodos (marzo, abril y mayo) y en otros es abundante (julio, agosto y septiembre) (Tabla 5).

Los valores obtenidos de los parámetros bioclimáticos, como la evaporación (mm), la precipitación (mm) y la temperatura climática (°C) fueron específicos para cada variedad de mango, e incluyeron rangos fuera de la idoneidad climática para el cultivo (Tabla 6, señalados en negritas).

Tabla 3. Propiedades edafológicas de 15 huertas de 3 variedades de mango

Propiedades edafológicas						
Huerta	Keitt					
	Mo	Mg	K	Na	Co	pH
1	2.218*	0.264	0.150	0.238	6.746	6.209
2	1.882	0.269	0.178	0.247	5.725	6.569
3	1.394	0.287	0.208	0.239	4.243	6.934
4	1.477	0.285	0.206	0.244	4.494	6.922
5	1.747	0.262	0.154	0.248	5.314	6.557
Promedio	1.7436	0.2734	0.1792	0.2432	5.3044	6.6382
Desviación estándar	0.3307	0.0118	0.0275	0.0045	1.0048	0.3015
Huerta	Ataulfo					
	Mo	Mg	K	Na	Co	pH
6	2.013	0.257	0.161	0.260	6.122	6.357
7	1.747	0.262	0.154	0.248	5.314	6.557
8	1.670	0.274	0.184	0.252	5.081	6.735
9	1.551	0.279	0.195	0.246	4.720	6.830
10	1.419	0.301	0.223	0.234	4.918	7.027
Promedio	1.68	0.2746	0.1834	0.248	5.231	6.7012
Desviación estándar	0.2237	0.0172	0.0277	0.0094	0.5436	0.2564
Huerta	Manila					
	Mo	Mg	K	Na	Co	pH
11	1.394	0.287	0.209	0.239	4.243	6.934
12	1.419	0.301	0.223	0.234	4.318	7.027
13	1.551	0.279	0.195	0.246	4.720	6.830
14	1.551	0.279	0.195	0.246	4.720	6.830
15	1.544	0.295	0.209	0.238	4.698	6.905
Promedio	1.4918	0.2882	0.2062	0.2406	4.5398	6.9052
Desviación estándar	0.0784	0.0097	0.0117	0.0052	0.2383	0.0821

*En negritas se señalan los valores mínimos y máximos.

La dendrometría de las 3 variedades de mango halló un tamaño de árbol relativamente grande, con tronco recto, cilíndrico, diámetro representativo (Derese *et al.*, 2017) y copa compacta (Galán, 2016); estas características le confieren a la especie tolerancia a la sequía, así como a cierto grado de exceso de humedad del suelo (Marín *et al.*, 2016). La materia orgánica tuvo mayor concentración en las huertas de mango Keitt, lo cual se considera un indicador de fertilidad del suelo (Méndez *et al.*, 2017). El pH del suelo en las huertas de mango está en un nivel neutral para las 3 variedades. Los valores de N-P-K (17 %) son normales (17 %) cuando se fertiliza durante la poscosecha para mantener el volumen de la copa y aumentar los nutrientes deficientes en el suelo (García-Santiago *et al.*, 2010); de esta manera la planta los transporta a órganos como flores, ramas, frutos y raíces (Arce, 2021).

Para producir 200 kg de fruta de mango del suelo se extraen 400, 40 y 38 g de K, Co, y Mg respectivamente (Suárez *et al.*, 2013), por lo que fertilizar con micronutrientes como boro, sodio, cobalto, manganeso y molibdeno es recomendable para mantener la productividad en las huertas de mango (Fernández *et al.*, 2015). Otra alternativa es la fertilización con potasio, magnesio y nitrato de potasio (otro tipo de molécula de K), que puede ayudar a obtener los máximos rendimientos, calidad y cantidad de frutos por árbol, por lo que recomendar su suministro se convierte en una estrategia para el rescate del mango (Sarker y Abdur, 2013).

En este estudio se observó que el mango se adapta a una amplia gama de condiciones edafoclimáticas (Siles *et al.*, 2020) con diferentes rangos de temperatura, precipitación, evaporación y humedad y propiedades del suelo variables (Sergent

Tabla 4. Temperatura (°C) en las 15 huertas de 3 variedades de mango

Huertas de mango variedad Keitt											
Huerta	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11
1	26.2*	9.6	5.6	23.28	34.9	17.8	17.1	27.7	25.6	28.7	22.8
2	26.2	9.6	5.6	23.18	34.9	17.8	17.1	27.7	25.6	28.7	22.8
3	26.1	9.6	5.6	23.28	34.8	17.8	17	27.6	25.5	28.6	22.8
4	26.1	9.6	5.6	23.3	34.9	17.8	17.1	27.7	25.6	28.7	22.8
5	26.1	9.5	5.5	23.23	34.8	17.8	17	27.7	25.5	28.6	22.8
Promedio	26.14	9.58	5.58	23.25	34.86	17.8	17.06	27.68	25.56	28.66	22.8
Desviación estándar	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0	0.05	0.04	0.05	0.05	0
Huertas de mango variedad Ataulfo											
Huerta	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11
6	26.1	9.5	5.5	23.23	34.8	17.8	17	27.7	25.5	28.6	22.8
7	26.1	9.5	5.5	23.23	34.8	17.8	17	27.7	25.5	28.6	22.8
8	26.1	9.6	5.6	23.18	34.8	17.7	17.1	27.6	25.5	28.6	22.7
9	26.1	9.6	5.6	23.18	34.8	17.7	17.1	27.6	25.5	28.6	22.7
10	26.1	9.5	5.5	23.41	34.8	17.7	17.1	27.6	25.5	28.6	22.8
Promedio	26.1	9.54	5.54	23.24	34.8	17.74	17.06	27.64	25.5	28.6	22.76
Desviación estándar	0	0.05	0.05	0.1	0	0.05	0.05	0.05	0	0	0.05
Huertas de mango variedad Manila											
Huerta	Bio1	Bio2	Bio3	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11
11	26.1	9.6	5.6	23.28	34.8	17.8	17	27.6	25.5	28.6	22.8
12	26.1	9.6	5.6	23.28	34.8	17.8	17	27.6	25.5	28.6	22.8
13	26.1	9.6	5.6	23.53	34.8	17.7	17.1	27.6	25.5	28.6	22.7
14	26.1	9.6	5.5	23.68	34.9	17.7	17.2	27.6	25.5	28.7	22.7
15	26.1	9.6	5.5	23.68	34.9	17.7	17.2	27.6	25.5	28.7	22.7
Promedio	26.1	9.6	5.56	23.49	34.84	17	17.1	27.6	25.5	28.64	22.74
Desviación estándar	0	0	0.05	0.2	0.05	0.05	0.05	0	0	0.05	0.05

*En negritas se señalan los valores mínimos y máximos.

et al., 2013), lo que aumenta la proliferación de plagas y enfermedades (Chiguachi *et al.*, 2020). Durante el periodo de floración, la temperatura extrema (temperatura mínima: 9 °C, temperatura máxima: 30 °C) y la baja humedad ambiental (humedad relativa de 21mm por m³ en la época seca), reportadas en este estudio, pueden ocasionar daños a las estructuras florales y a los frutos en desarrollo (Mwaurah *et al.*, 2020); por esto, es necesario generar un plan de mejoramiento genético de mango con plantas resilientes y adaptables al cambio climático (Moreira y Castro, 2016).

El efecto de la humedad relativa ha sido poco estudiado en la ecofisiología de la planta de mango (Wubshet *et al.*, 2021), y aunque nuestro estudio relaciona el efecto de la precipitación y la evaporación sobre la dendrometría del árbol (Talib *et al.*, 2020), observamos que la humedad relativa

de 60-80 % es benéfica para el desarrollo del fruto, mientras que, durante la combinación de ambientes secos y temperaturas superiores a los 35 °C, se reduce la tasa fotosintética y afecta el desarrollo de la planta (Asociación de Hortifrutícola de Colombia y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013). No obstante, se ha demostrado que la adecuada humedad relativa para el cultivo del mango debe ser del 75 % para evitar la presencia enfermedades causadas por hongos, como la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y oídio (*Oidium mangiferae*), dos de las enfermedades más frecuentes en los cultivos de mango (Grice *et al.*, 2023), y que se han reportado en la zona donde se desarrolló este estudio.

El mango requiere un clima húmedo pero equilibrado entre la época de secas y lluvias (Talib *et al.*, 2020) con un rango de 250 hasta los 2500 mm de

Tabla 5. Precipitación (mm) en 15 huertas de 3 variedades de mango

Factores de precipitación								
Huertas de Keiit	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
1	1621	343	21	82	891	87	290	136
2	1656	362	21	83	917	88	296	137
3	1667	367	22	84	924	89	300	136
4	1660	362	22	83	917	89	299	137
5	1659	364	22	84	919	89	298	136
Promedio	1652.6	359.6	21.6	83.2	913.6	88.4	296.6	136.4
Desviación estándar	18.119	9.502	0.547	0.836	12.95	0.894	3.974	0.547
Huertas de Ataulfo	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
6	1641	360	21	85	914	85	298	130
7	1641	360	21	85	914	85	298	130
8	1646	359	22	84	912	88	298	132
9	1646	359	22	84	912	88	298	132
10	1640	358	21	84	911	85	296	131
Promedio	1642.8	359.2	21.4	84.4	912.6	86.2	297.6	131
Desviación estándar	2.94	0.83	0.54	0.54	1.34	1.64	0.89	1
Huertas de Manila	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19
11	1667	367	22	84	924	89	300	136
12	1667	367	22	84	924	89	300	136
13	1637	351	21	84	910	81	309	124
14	1637	349	22	83	904	85	307	128
15	1637	349	22	83	904	85	307	128
Promedio	1649	356.6	21.8	83.6	913.2	85.8	304.6	130.4
Desviación estándar	16.43	9.52	0.44	0.54	10.15	3.34	4.27	5.36

*En negritas se señalan los valores mínimos y máximos.

precipitación (Prieto *et al.*, 2015). En este sentido, las huertas presentaron suelos con una gran capacidad de campo, pues en suelos donde se concentró la precipitación (1667 mm), sobre todo las huertas asentadas sobre las zonas bajas de la ribera del río Papaloapan, en periodos de intensas lluvias, el río se desborda y causa inundaciones a las huertas; esto puede generar un crecimiento vegetativo que conforma un árbol de mango vigoroso, pero el periodo de fructificación se puede ampliar y la productividad disminuir (Liu *et al.*, 2022).

La sequía es el período de máximo crecimiento de biomasa y de mayor actividad fotosintética del mango, por lo que las variaciones en factores bioclimáticos suelen causar de la reducción y una baja productividad (Wardhan *et al.*, 2022). En este sentido, como parte de este estudio, se desprenden las siguientes recomendaciones: a) implementar prácticas de manejo como el riego de auxilio y podas durante la época de secas (marzo, abril, mayo) para disminuir la presión ambiental sobre los árboles; b) establecer un programa de fertilización foliar y de mejora orgánica del suelo para favorecer su calidad nutrimental; c) control de insectos barrenadores y

plagas del tronco y tallos con productos orgánicos; esta combinación de acciones podría ayudar a mejorar la productividad de mango y convertirlo en un cultivo sustentable (Medina *et al.*, 2014).

Conclusiones

La productividad de las variedades de mango Keitt, Manila y Ataulfo están determinadas por la dendrometría del árbol y por las propiedades edafoclimáticas favorables para su desarrollo. Las 3 variedades de mango estudiadas en las huertas presentaron diferencias notables en cuanto a las propiedades del suelo, como la materia orgánica y el pH; la temperatura fue variable (9-39 °C) y estuvieron cultivadas en un régimen de precipitación temporal seco (marzo, abril y mayo) y lluvioso (julio, agosto, septiembre), cuando la evaporación climática es constantemente afectada por los fenómenos del cambio climático como los eventos del norte (vientos fríos) y las suradas (vientos cálidos); estos factores influyen y determinan la productividad de las 3 variedades de mango estudiadas.

Tabla 6. Propiedades bioclimáticas en 15 huertas de 3 variedades de mango

Factores de evaporación y precipitación climática									
Huerta Keiit	Bio20	Bio21	Bio22	Bio23	Bio24	Bio25	Bio26	Bio27	Bio28
1	1066	263	1326	1384	253	1637	23.7	24.3	26.1
2	1068*	282	1343	1384	272	1656	23.7	24.4	26.2
3	1063	276	1348	1380	266	1646	23.6	24.3	26.1
4	1068	281	1345	1388	271	1659	23.7	24.3	26.1
5	1063	270	1345	1377	260	1637	23.7	24.3	26.1
Promedio	1065.6	274.4	1341.4	1382.6	264.4	1647	23.68	24.32	26.12
Desviación estándar	2.509	7.956	8.792	4.219	7.9561	10.319	0.044	0.044	0.044
Huerta Ataulfo	Bio20	Bio21	Bio22	Bio23	Bio24	Bio25	Bio26	Bio27	Bio28
6	1063	270	1336	1377	260	1637	23.7	24.3	26.1
7	1054	280	1336	1351	270	1621	23.8	24.4	26.2
8	1068	283	1335	1387	273	1660	23.7	24.4	26.1
9	1071	282	1335	1395	272	1667	23.7	24.3	26.1
10	1065	271	1334	1380	261	1641	23.7	24.3	26.1
Promedio	1064.2	277.2	1335.2	1378	267.2	1645.2	23.72	24.34	26.12
Desviación estándar	6.4575	6.2209	0.8366	6.2209	6.2209	18.47	0.0447	0.0547	0.0447
Huerta Manila	Bio20	Bio21	Bio22	Bio23	Bio24	Bio25	Bio26	Bio27	Bio28
11	1063	276	1348	1380	266	1646	23.6	24.3	26.1
12	1065	271	1348	1380	261	1641	23.7	24.3	26.1
13	1071	282	1334	1395	272	1667	23.7	24.3	26.1
14	1071	282	1336	1395	272	1667	23.7	24.3	26.1
15	1064	273	1336	1377	263	1640	23.7	24.3	26.1
Promedio	1066.8	276.8	1340.4	1385.4	266.8	1652.2	26.68	24.3	26.1
Desviación estándar	3.89	5.06	6.98	8.84	5.06	13.7	0.044	0	0

*En negritas se señalan los valores mínimos y máximos.

En las huertas evaluadas, los árboles de mango cuentan con la capacidad de producir frutos, ya que su valencia ecológica permite que su fisiología se adapte a las condiciones edafoclimáticas en las que fueron cultivados, sin embargo, las consecuencias del cambio climático global y aspectos sociales alrededor del cultivo pueden comprometer su sostenibilidad. Un programa de mejoramiento genético es imprescindible para el manejo y renovación de huertas de mango en Veracruz.

Referencias

- Adak, T.; Kumar, K. y Singh, V. K. (2016). An appraisal of seasonal variations in thermal indices, heat and water use efficiency in mango. In Kumar-Rao, R. (chief ed.), Sharma, P. K., Jirli, B. y Raghuraman, M. (eds.), *Climate change and its implications on crop production and food security* (pp. 183-188). Mahima Research Foundation and Social Welfare; Banaras Hindu University. https://www.researchgate.net/profile/Hanuman-Jatav/publication/329610208_CLIMATE_CHANGE_and_its_IMPLICATIONS_ON_CROP_PRODUCTION_and_FOOD_SECURITY_Mahima_Research_Foundation_and_Social_Welfare_Mahima_Research_Foundation_and_Social_Welfare/links/5c1214794585157ac1be3fd9/CLIMATE-CHANGE-and-its-IMPLICATIONS-ON-CROP-PRODUCTION-and-FOOD-SECURITY-Mahima-Research-Foundation-and-Social-Welfare-Mahima-Research-Foundation-and-Social-Welfare.pdf
- Aldana, C.; Saavedra, Y.; González, J.; Gálvez, D.; Palacios, C.; Aldana, W. y Moncada, W. (2021). Spatial-temporal agricultural production of *Citrus x lemon* and *Mangifera indica* L., using spectral signatures and satellite images. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 557-570. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/4103>
- Alonso, D. (2018). Cómo extraer valores de un ráster a puntos en QGIS con el plugin Point sampling tool. MappingGIS. <https://mappinggis.com/2018/02/extraer-valores-una-imagen-raster-una-capa-puntos-qgis/>
- Arce, N. (2021). Efecto de fertilización orgánica y química sobre los patrones de mango (*Mangifera indica* L.) bajo condiciones de vivero, para su posterior establecimiento en zona de montaña de Tuluá, Valle del Cauca. *Ciencias Agrícolas Pecuarias*, 2(1), 140-147. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/41219>
- Asociación de Hortifrutícola de Colombia y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2013). *Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el Valle del Alto Magdalena en el departamento del Tolima*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7405170>
- Arce-Castro, B. (2018). Malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) por mango 'Manila'

- (*Mangifera indica* L.): cambios en el sistema agrícola de la cuenca central del río Actopan, Veracruz. *AgroProductividad*, 11(2), 94-99. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/131/110>
- Chiguachi, J. A. M.; Fajardo, A. G.; Esquivel, J. S.; González, D. M.; Prieto, Á. G. y Rincón, D. (2020). Manejo integrado del cultivo de mango *Mangifera indica* L. *Revista Ciencias Agropecuarias* (RCA), 6(1), 51-78. <https://doi.org/10.36436/24223484.267>
- Comino, J.; Senciales, J. y González, J. (2014). La necesidad de considerar los riesgos climáticos en la introducción de cultivos tropicales en latitudes medias. El mango en el valle del Guadalquivir (Málaga). *Investigaciones Geográficas*, 62, 127-141. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17632456009>
- Cruz-Cárdenas, G.; López-Mata, L.; Ortiz-Solorio, C.; Villaseñor, J.; Ortiz, E.; Silva, J. y Estrada-Godoy, F. (2014). Interpolation of Mexican soil properties at a scale of 1:1,000,000. *Geoderma*, 213, 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.07.014>
- Dereze, S.; Guantai, E. M.; Souaibou, Y. y Kuete, V. (2017). *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae). In Kuete, V. (ed.), *Medicinal spices and vegetables from Africa: therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases* (pp. 451-483). Elsevier.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. (2017). InfoStat software versión 2017. InfoStat Software Estadístico Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. https://www.researchgate.net/publication/283569516_InfoStat_Statistical_Software
- FAOSTAT - División de estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2019). Difusión de datos de comercio, cultivos y productos agrícolas. <https://www.fao.org/faostat/es>
- Fernández, V.; Sotiropoulos, T. y Brown, P. (2015). Fertilización foliar: principios científicos y práctica de campo. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes - IFA. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2021/01/2013-no-27-Fertilizacio%CC%81n-foliar-principios-cienti%CC%81ficos-y-experiencias-de-campo.pdf>
- Fernández-Eguiarte, A.; Romero-Centeno, R. y Zavala-Hidalgo, J. (2012). Atlas Climático de México y Áreas Adyacentes. Vol. 1. Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS), Centro de Ciencias de la Atmósfera; Universidad Nacional Autónoma de México; Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua.
- Fick, S. E. y Hijmans, R. J. (2017). WorldClim2: New 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Galán, V. (2016). Patrones de mango. Revisión de literatura y entrevistas. *Fruticultura Tropical*, 1, 6-8. https://www.mango.org/Mangos/media/Media/Documents/Research%20And%20Resources/Research/Industry/Post-Harvest/Proyecto_de_Patrones_de_Mango_Informe_Final_Spn.pdf?ext=.pdf
- García-Santiago, J. C.; Gonzáles-Fuentes, J. A.; Rojas-Duarte, A.; Hernández-Pérez, A.; Aureoles-Rodríguez, F. y Martínez-Mares, R. (2023). Los ácidos húmicos reducen la adición de NPK y mejoran la calidad de mango. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1), e3319. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282023000100025&script=sci_arttext
- Grice, K. R. E.; Bally, I. S. E.; Wright, C. L.; Maddox, C.; Ali, A. y Dillon, N. L. (2023). Mango germplasm screening for the identification of sources of tolerance to anthracnose. *Australasian Plant Pathology*, 52(1), 27-41. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13313-022-00899-0>
- Liu, X.; Zhang, Y.; Leng, X.; Yang, Q.; Chen, H.; Wang, X. y Cui, N. (2022). Exploring the optimisation of mulching and irrigation management practices for mango production in a dry hot environment based on the entropy weight method. *Scientia Horticulturae*, 291, 110564. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423821006713?casa_token=CmK05qVByswAAAAA:h6AINiqeTydc4vVICCy1-x5WQp50FrMULw10kRZ0AdgteHtxO5hr--QbUbcuw2v1o49E_042fYn9
- Maldonado, Y.; Navarrete, H.; Ortiz, O. y Jiménez, J. (2016). Physical, chemical and antioxidant properties of mango varieties grown at the Guerrero coast. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 207-214. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802016000300207&script=sci_abstract&tlng=en
- Mali, S.; Saik, S. y Bhatt, P. (2016). Spatial variability in soil properties of mango orchards in eastern plateau and hill region of India. *Vegetos*, 29(3), 1-6. https://www.researchgate.net/publication/310249937_Spatial_Variability_in_Soil_Properties_of_Mango_Orchards_in_Eastern_Plateau_and_Hill_Region_of_India
- Marín, A.; Hernández, E.; Nava, A.; Mora, J. A. y Palemún, A. (2016). Crecimiento de cinco cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) con alto potencial productivo en la Costa Chica de Guerrero, México. *Revista Tlamati*, 7(1), 31-35. http://tlamati.uagro.mx/images/todos_los_volumenes/Revista_Completa/tlamati_Volumen_7.pdf#page=32
- Medina, J.; Volke, V.; Cortés, J.; Galvis, A.; González, J. y Santiago, M. (2014). Estado nutricional y producción de fruto de mango (*Mangifera indica* L.), cv. Tommy Atkins, en suelos luvisoles del estado de Campeche, México. *Revista Chapingo Serie Hortícola*, 20(3), 253-268. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.12.067>
- Medina, J.; Volke, V.; González, J.; Galvis, A.; Santiago, M.; y Cortés, J. (2016). Changes in time in the physical properties of the soil in rain-fed maize and irrigated mango systems in luvisols in the state of Campeche. *Universidad y Ciencia*, 22(2), 175-189. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15422208>
- Méndez, J. M.; Haller, V. V.; Spínola, A. G.; Flores, J. I. C. y Cruz, M. D. J. S. (2017). Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en luvisoles, Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 499-508.
- Moreira, D. y Castro, C. (2016). Adaptación del cultivo de mango al cambio climático. *Euroclima-IIICA*, 07, 45-49. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3020/BVE17068938e.pdf>
- Mwaurah, P. W.; Kumar, S.; Kumar, N.; Panghal, A.; Attkan, A. K.; Singh, V. K. y Garg, M. K. (2020). Physicochemical characteristics, bioactive compounds and industrial applications of mango kernel and its products: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2421-2446. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12598>
- Ordaz, J.; Rodríguez, M.; García, J. y Pimentel, J. (2021). Estrategias de manejo en huertas de mango y su efecto en la calidad del suelo y productividad en Los Cajones, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5), 1059-1068. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000501057
- Prieto, J.; Covarrubias, J.; Romero, J. y Figueredo, J. (2015). Paquete tecnológico para el cultivo del mango en el estado de Colima. *Tecnologías para Frutales*, 1, 50-56. <https://pdfcoffee.com>

- com/qdownload/paquete-tecnologico-para-el-cultivo-de-mango-4-pdf-free.html
- QGIS. (2018). The Quantum GIS Project. www.qgis.org
- Ramírez, F. y Davenport, T. (2010). Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia Horticulturae*, 126(2), 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.024>
- Ramírez, F. y Davenport, T. (2012). Reproductive biology (physiology). The case of mango. *Production and Processing Technology*, 1, 56-81. https://www.researchgate.net/publication/259756341_Reproductive_Biology_Physiology_The_Case_of_Mango
- Ramírez, F.; Lee, T.; Fischer, G.; Cesar, J.; Pinzón, A. y Ulrichs, C. (2014). Mango trees have no distinct phenology: The case of mangoes in the tropics. *Scientia Horticulturae*, 168, 258-266. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.040>
- SAGARPA. 2016. Planeación agrícola nacional 2017-2030. Mango mexicano. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - SAGARPA. <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/planeacion-agricola-nacional-2017-2030?state=published>
- Salazar, S.; Santillán, G.; Hernández, E.; Medina, R.; Ibarra, M. y Gómez, R. (2014). Short term effect of site-specific fertilization in rainfed "Kent" and "Tommy Atkins" mangos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4), 645-659. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342014000400009&script=sci_abstract&tlng=en
- Sarker, B. y Abdur, M. (2013). Yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) as influenced by foliar application of potassium nitrate and urea. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 38(1), 145-154.
- Sergeant, E.; Casanova, E. y Leal, F. (2013). Influencia de algunos factores climáticos y nutricionales sobre el rendimiento del mango (*Mangifera indica* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Del Zulia*, 10(3), 281-296. <https://typeset.io/papers/influencia-de-algunos-factores-climaticos-y-nutricionales-1s4fg4m5mo>
- Siles, P.; Andara, C.; Wiegel, J.; Obando, D.; Suazo, C.; Gómez, D. y Alvarado, J. C. (2020). Análisis del impacto del cambio climático sobre la aptitud de los cultivos de marañón, mango, jocote y albaricoque para Honduras, con énfasis en la zona de Choluteca y Valle. *Agricultural Research Outputs*, 273(5), 1056-1084. <https://cgspace.cgiar.org/items/5f7472e8-968a-466a-99b4-942d9dd07619>
- Suarez, M.; Florez, L.; Rivera, J.; Restrepo, J.; Lozano, J. y Palacio, A. (2013). Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el Valle del Alto Magdalena en el Departamento del Tolima. *Asociación Hortifrutícola de Colombia*, 1(51), 14-18. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13343>
- Talib, S. A. A.; Hassan, M. H. M.; Rashid, M. A.; Sabdin, Z. H. M.; Rashid, M. Z. A.; Ibrahim, W. M. W. y Mustaffa, M. A. O. (2020). Effects of environmental temperature and precipitation pattern on growth stages of *Mangifera indica* cv. Harumanis mango. *Journal of Agricultural Science*, 12(12), 26-31. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n12p26>
- Wardhan, H.; Das, S. y Gulati, A. (2022). Banana and mango value chains. In Gulati, A., Ganguli, K. y Wardhan, H. (eds.), *Agricultural value chains in India: Ensuring competitiveness, inclusiveness, sustainability, scalability, and improved finance* (pp. 99-143). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4268-2_4
- Wei, J.; Liu, G.; Liu, D. y Chen, Y. (2017). Influence of irrigation during the growth stage on yield and quality in mango (*Mangifera indica* L.). *PLOS One*, 12(4), e0174498. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174498>
- Wubshet, T. T.; Wang, Z.; Yang, J.; Chen, H.; Schaefer, D. A.; Goldberg, S. D. ... y Xu, J. (2021). Effect of elevation on photosynthesis of young mango (*Mangifera indica* L.) trees. *Photosynthetica*, 59(4), 508-516. <https://ps.ueb.cas.cz/pdfs/phs/2021/04/05.pdf>