

3
4 **Periodo apropiado de muestreo foliar para el diagnóstico nutrimental en tres**
5 **cultivares de mango**

6
7 Samuel Salazar-García^{1*}

8 Raúl Medina-Torres²

9 Martha Elva Ibarra-Estrada³

10 José González-Valdivia³

11
12 ¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental
13 Santiago Ixcuintla. Entronque Carretera Internacional México-Nogales km 6, Santiago Ixcuintla,
14 Nayarit, C. P. 63300, MÉXICO.

15 ²Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-
16 Compostela km 9, Apdo. Postal 49, Xalisco, Nayarit, C. P. 63780, MÉXICO.

17 ³Investigadores independientes.

18
19 *Autor para correspondencia: salazar.avocado@gmail.com, tel. (55)3871-8700 ext. 84426.

20
21 **Resumen**

22 En Nayarit, México, es común realizar análisis foliares en mango para su diagnóstico nutrimental;
23 sin embargo, se desconoce el periodo adecuado para llevar a cabo el muestreo foliar, por lo que se
24 emplean procedimientos extrapolados de otras regiones productoras, lo cual origina diagnósticos
25 incorrectos. El objetivo de esta investigación fue identificar el periodo apropiado para realizar el

26 muestreo foliar (PAMF) en mangos ‘Ataúlfo’, ‘Kent’ y ‘Tommy Atkins’ cultivados sin riego. De
27 2006 a 2007 se trabajó con huertos comerciales del norte, centro y sur de Nayarit. En ‘Ataúlfo’ y
28 ‘Kent’ se consideraron los flujos vegetativos de primavera (FVP) y verano (FVV), y en ‘Tommy
29 Atkins’ los FVP y otoño (FVO). Los muestreos foliares se realizaron mensualmente e iniciaron
30 cuando la hoja alcanzó 5 cm de longitud y concluyeron hasta su abscisión. Para cada nutrimento,
31 se obtuvo un modelo matemático para generar funciones que predijeran su concentración durante
32 la vida de la hoja. Posteriormente, se calcularon las derivadas de cada función, con lo que se
33 identificó el periodo en que la concentración de nutrimentos presentó la menor variación y así
34 definir el PAMF. En ‘Ataúlfo’, el PAMF para los FVP y FVV fue de 9 a 11 y de 3.3 a 5.3 meses
35 de edad, respectivamente; en ‘Kent’, este periodo fue de 8 a 10.5 (FVP) y de 3.2 a 5.0 (FVV) meses,
36 y en ‘Tommy Atkins’ correspondió a hojas de 8.7 a 12.2 (FVP) y de 8.6 a 9.4 (FVO) meses. El
37 procedimiento matemático empleado fue adecuado para identificar el PAMF en los tres cultivares
38 de mango.

39 **Palabras clave:** *Mangifera indica*, flujos vegetativos, nutrición mineral, análisis foliar.

40

41 Recibido: 22/09/2017

42 Aceptado: 03/04/2018

43

44 **Contenido sobresaliente**

45 Se estableció el periodo apropiado para el muestreo foliar en los mangos ‘Ataulfo’, ‘Kent’ y
46 ‘Tommy Atkins’ en Nayarit, México.

47

48

49 **Introducción**

50

51

52 Los estudios sobre concentración nutrimental foliar en mango han sido enfocados en las
53 variaciones debidas a la edad, posición de la hoja (Koo & Young, 1972; Pathak & Pandey, 1976),
54 el tipo de suelo, el efecto del cultivar, y diferencias entre brotes terminales con y sin fructificar
55 (Samra, Chadha, & Thakur, 1978; Young & Koo, 1971). Además, los resultados han variado según
56 el flujo vegetativo, la época de muestreo (Rajput, Chadha, & Thakur, 1985) y la etapa fenológica
57 en que se realiza el muestreo foliar (Ponchner, Rojas, & Bornemisza, 1993).

58 Avilán (1971) describió dos fases críticas de la concentración de nutrientes en mango 'Kent' de
59 Venezuela. La primera de incremento de la concentración nutrimental foliar, que comienza con el
60 término de la cosecha y se extiende hasta la floración; la segunda de disminución de la cantidad de
61 nutrimentos, que coincide con la formación de los frutos y es la más crítica. Sin embargo, Castro-
62 López, Salazar-García, González-Durán, Medina-Torres, y González-Valdivia (2012) encontraron
63 resultados diferentes en los cultivares Ataúlfo, Kent y Tommy Atkins en México, ya que la
64 concentración de nutrimentos en hojas del flujo vegetativo de primavera (FVP) fue más afectada
65 por las últimas etapas del desarrollo floral (estado coliflor a anthesis). Mientras que en hojas de flujo
66 vegetativo de verano (FVV) u otoño (FVO), los cambios nutrimentales ocurrieron en mayor medida
67 por el crecimiento del fruto (Castro-López et al., 2012). No obstante, debe existir un periodo de
68 mínima variación en la concentración de la mayoría de los nutrimentos, el cual sería el adecuado
69 para realizar el muestreo foliar con fines de diagnóstico nutrimental (Salazar-García, González-
70 Durán, & Ibarra-Estrada, 2015).

71 El principal criterio para determinar la época adecuada para el muestreo foliar es que la
72 concentración nutrimental sea estable. Sin embargo, esto se obtiene a partir de gráficas descriptivas,
73 por lo que la identificación del periodo de menor variación nutrimental es visual (Quiñones, Soler,
74 & Legaz, 2013). Lo anterior dificulta determinar la etapa exacta de estabilidad, ya que sólo se
75 tienen datos de las fechas en las que se realizó análisis nutrimental foliar, y generalmente el
76 intervalo entre muestreos es muy amplio (Benítez-Pardo, Hernández-Montoya, Osuna-Enciso,
77 Valenzuela-López, & Galván-Piña, 2003; Young & Koo, 1971).

78 El uso de funciones matemáticas y sus respectivas derivadas han sido útiles para determinar el
79 periodo apropiado para el muestreo foliar (PAMF), ya que ayudan a identificar la etapa en la que
80 ocurre la menor variación en la concentración de nutrimentos durante la vida de la hoja. Este

81 procedimiento se utilizó para establecer el PAMF en aguacate ‘Hass’ (Salazar-García et al., 2015).
82 No obstante, en mango no se encontró información al respecto.

83 En el estado de Nayarit, México, los análisis foliares son cada vez más usados para diagnosticar el
84 estado nutrimental de los huertos de mango. Sin embargo, las fechas para colectar las hojas son
85 determinadas *a priori*, sin considerar la edad de las hojas ni el flujo vegetativo del que provienen,
86 o extrapoladas de otras regiones productoras. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue
87 identificar el periodo apropiado para realizar el muestreo foliar de mangos ‘Ataúlfo’, ‘Kent’ y
88 ‘Tommy Atkins’ cultivados sin riego con fines de diagnóstico nutrimental.

89

90

91 **Materiales y métodos**

92

93

94 La investigación se realizó durante 2006 y 2007 en siete huertos comerciales sin riego de los
95 cultivares Ataúlfo (dos huertos), Kent (tres huertos) y Tommy Atkins (dos huertos) establecidos a
96 8 x 8 m en los municipios Acaponeta (zona norte), San Blas y Tepic (zona centro) y Compostela
97 (zona sur) de Nayarit (Cuadro 1). En esta región, el clima es cálido subhúmedo (García, 1998), y
98 las temperaturas promedio máxima y mínima son de 28 y 18 °C, respectivamente. Las lluvias
99 ocurren de junio a octubre (1,089 a 1,324 mm) y la precipitación del mes más seco es menor a 50
100 mm.

101

102 **Cuadro 1.** Localización y características de los huertos de mango.

Cultivar	Localidad y municipio	Coordenadas	Altitud (msnm)	Edad (años)	Clasificación de suelos
Ataúlfo	Atonalisco, Tepic	LN 21° 36' 46.9'' LO 104° 49' 43.6''	601	12	Luvisol crómico

	Chacala, Compostela	LN 21° 10' 20.3'' LO 105° 10' 32.7''	42	11	Cambisol eútrico
Kent	Buenavista, Acaponeta	LN 22° 27' 44'' LO 105° 26' 55.8''	11	10	Cambisol eútrico
	Las Palmas, San Blas	LN 21° 37' 05.0'' LO 105° 09' 30.1''	139	20	Acrisol húmico
	Chacala, Compostela	LN 21° 10' 05.2'' LO 105° 10' 31.5''	54	17	Cambisol eútrico
	Buenavista, Acaponeta	LN 22° 27' 44'' LO 105° 26' 55.8''	14	18	Cambisol eútrico
	Tommy Atkins	Chacala, Compostela	LN 21° 10' 14.3'' LO 105° 09' 52.2''	38	17

103

104

105

Análisis de suelo

106

107

108 Al inicio del estudio (mayo 2006), en cada huerto se eligieron al azar 10 árboles y de cada uno se
 109 obtuvo una muestra compuesta por cuatro submuestras (una por cada punto cardinal) de la zona de
 110 goteo del árbol, de 0-30 cm de profundidad, ya que es el lugar de mayor abundancia de raíces finas
 111 (Salazar-García, Ramírez-Murillo, & Gómez-Aguilar, 1993). De las 40 submuestras, se obtuvo una
 112 muestra compuesta a la que se le analizaron sus características físicas y químicas en un laboratorio
 113 acreditado por el programa *North American Proficiency Testing* (NAPT) de la *Soil Science Society*
 114 *of America*. Se le determinó textura; pH (1:2 agua) (McLean, 1982); materia orgánica por el método
 115 de Walkley y Black (Nelson & Sommers, 1982); N-inorgánico (Dahnke, 1990); P-Bray (Bray &
 116 Kurtz, 1945); K, Ca, Mg y Na extraídos con acetato de amonio (Doll & Lucas, 1973); Fe, Zn, Cu
 117 y Mn por el método DTPA (Lindsay & Norvell, 1978), y B por el método de agua caliente y
 118 Azometina-H (Bingham, 1982). Los nutrimentos se cuantificaron con un espectrofotómetro de
 119 absorción atómica (Thermo Series S, Madison, Wisconsin, USA), con excepción del P y B, los

120 cuales se determinaron en un espectrofotómetro (Genesys™ 20, Thermo Scientific, Madison,
121 Wisconsin, USA).

122

123

124

Muestreo foliar

125

126

127 En cada huerto se identificaron árboles que, a juicio del productor, tenían una producción anual \geq
128 100 kg, lo cual supera la media actual (11 t·ha⁻¹) de mango en la región (Servicio de Información
129 Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2016). De estos árboles, se seleccionaron al azar 20 y en cada
130 uno se etiquetaron 20 brotes de cada flujo vegetativo en estado de rompimiento de yemas (día cero).
131 En cada cultivar de mango se estudiaron dos flujos vegetativos cuyas fechas de inicio fueron: 05
132 de enero para el FVP (Ataúlfo, Kent y Tommy Atkins), 22 de junio para el FVV (Ataúlfo y Kent)
133 y 21 de septiembre para el FVO (Tommy Atkins). Una vez establecido el día cero, se contabilizaron
134 los días después de la brotación de la hoja (DDBH) hasta su abscisión.

135 Se realizaron muestreos foliares mensuales para cada flujo vegetativo, alternando entre árboles
136 nones y pares (10 árboles por fecha de muestreo), los cuales iniciaron cuando la hoja tenía \geq 5 cm
137 de longitud y terminaron cuando ocurrió la senescencia y abscisión. Para evitar la contaminación
138 de las hojas con el suelo, éstas se sujetaron del peciolo, con un hilo de algodón, al brote que las
139 sostenía. En cada muestreo se colectaron 20 hojas completas (lámina + peciolo) y sanas por árbol,
140 de las posiciones seis y siete basipétala. En total se realizaron 15 muestreos foliares del FVP en los
141 tres cultivares de mango (de febrero de 2006 a abril de 2007), 12 muestreos de los cultivares
142 Ataúlfo y Kent del FVV (de agosto de 2006 a julio de 2007) y 12 muestreos del cultivar Tommy
143 Atkins del FVO (de octubre de 2006 a septiembre de 2007). Adicionalmente, en cada muestreo se
144 midió la longitud de la lámina de 10 hojas de cada árbol.

145 Las hojas se lavaron y secaron en un horno con aire forzado a 65 °C durante 48 h. Posteriormente,
146 se trituraron en un molino de acero inoxidable (MF10, IKA®), se tamizaron en malla núm. 1.0 (35
147 hoyos·cm⁻²) y se enviaron al laboratorio antes mencionado para determinar las concentraciones de

148 N-total, NO₃, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B. La determinación de N-total se realizó mediante
149 el método semi-microKjeldahl (Alcántar-González, & Sandoval-Villa, 1999; Bremner &
150 Mulvaney, 1982), el cual se basa en la oxidación húmeda de la materia orgánica usando ácido
151 sulfúrico y un catalizador; mientras que para NO₃ se empleó el método de nitración con ácido
152 salicílico (Alcántar-González, & Sandoval-Villa, 1999; Etchevers et al., 2000). El K se extrajo con
153 agua destilada y se cuantificó en un espectrofotómetro de absorción atómica (ICE 3000™, Thermo
154 Scientific) (Alcántar-González, & Sandoval-Villa, 1999; Etchevers et al., 2000). El P y S se
155 determinaron utilizando los métodos de vanadato-molibdato amarillo y turbidimetría,
156 respectivamente. El B se determinó por el método de calcinación azometina-H (Enríquez, 1989)
157 con un espectrofotómetro (Genesys™ 20, Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA). Para el
158 Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn se empleó el método de digestión en microondas HNO₃+HCl (Alcántar-
159 González, & Sandoval-Villa, 1999; Etchevers et al., 2000). Estos últimos nutrientes se
160 cuantificaron por absorción atómica en un espectrofotómetro (ICAP 7200™, Thermo Scientific).

161

162

163 **Determinación del periodo apropiado para el muestreo foliar**

164

165

166 En esta determinación se siguió el procedimiento descrito por Salazar-García et al. (2015). Para
167 cada huerto y flujo vegetativo, se generaron funciones matemáticas empleando los DDBH como
168 variable independiente y las concentraciones de cada nutriente como variables dependientes. La
169 ecuación general fue: Nutriente = $\beta_0 + \beta_1D + \beta_2D^2 + \beta_3D^3 + \beta_4D^4 + \beta_5D^5$; donde D son los días
170 después de la brotación y β los coeficientes matemáticos. Posteriormente, para cada nutriente se
171 seleccionó la mejor función matemática por orden de respuesta (del primero hasta el sexto orden)
172 con el procedimiento “Stepwise” del programa *Statistical Analysis System* (SAS Institute, 2009).
173 Los criterios para elegir las mejores funciones fueron: 1) mayor valor de R², 2) menor cuadrado
174 medio del error (CME) y 3) el valor del coeficiente de Mallows (Cp) (Draper & Smith, 1981; Neter,
175 Li, & Kutner, 1985). Una vez identificadas las mejores funciones, se calcularon sus coeficientes
176 matemáticos (β_0, \dots, β_n) por el procedimiento REG (SAS Institute, 2009). Los valores predichos

177 para cada día de la evolución nutrimental se calcularon sustituyendo el valor de DDBH en la
178 ecuación general.

179 Una vez seleccionadas las mejores funciones matemáticas de cada nutrimento, se calcularon las
180 derivadas para cada día. Los valores obtenidos se graficaron en SigmaPlot (Systat Software Inc.,
181 2006) para identificar los periodos de menor variación, referidos aquí como de mayor estabilidad,
182 de cada nutriente. Los valores pueden ser positivos o negativos, y conforme se aproximan a cero
183 la tasa de cambio de la concentración de cada nutriente es menor; por lo que el criterio para
184 determinar el PAMF fue que el resultado de la derivada fuera igual o cercano a cero (Granville,
185 Smith, & Longley, 1963). Después, para cada cultivar de mango se elaboró una tabla con los
186 periodos de mayor estabilidad para macro y micronutrientes, así como los PAMF de cada flujo
187 vegetativo.

188

189

190

Resultados y discusión

191

192

193

Propiedades de los suelos

194

195

196 Se presentaron algunas diferencias en las características del suelo de los huertos de mango donde
197 se realizó el estudio (Cuadro 2). Los huertos de Chacala y Atonalisco tuvieron las texturas más
198 arcillosas. El pH del suelo varió de 4.7 en Chacala a 6.7 en Las Palmas, y en los huertos de ‘Tommy
199 Atkins’ y ‘Kent’ (Buenavista) se ubicó dentro de los límites en los que prospera el mango (5.0 a
200 6.5) (Chávez-Contreras, Vega-Piña, Tapia-Vargas, & Miranda-Salcedo, 2001). Por su parte, en los
201 huertos de ‘Ataúlfo’ se registraron los pH más ácidos (4.7 a 4.9); este tipo de suelos suelen
202 favorecer deficiencias nutrimentales foliares, principalmente de Ca y Mg (Salazar-García, 2002).
203 No se detectaron problemas de salinidad y respecto a la materia orgánica, solamente en los huertos

204 de Buenavista el contenido fue muy bajo. Adicionalmente, fueron evidentes las concentraciones
 205 bajas y muy bajas de Ca, Mg, Zn y B, y la de Mn fue clasificada de moderadamente alta a muy
 206 alta.

207

208 **Cuadro 2.** Propiedades del suelo (de 0-30 cm de profundidad) de los huertos de mango.

Propiedad	Ataúlfo		Kent			Tommy Atkins	
	Atonalisco	Chacala	Buenavista	Chacala	Las Palmas	Buenavista	Chacala
Textura	Ar ¹	Ar	Fr	M-A-L	Ar	Fr	Ar
pH (1:2)	4.9 FA	4.7 FA	5.1 FA	6.6 MoAc	6.7 N	6.4 MoAc	5.5 FA
CE (dS·m ⁻¹)	0.170	0.08	0.60	0.16	0.11	0.26	0.08
M.O. (%)	3.0 MoA	3.4 MoA	1.2 MoB	4.7 MuA	3.6 A	1.4 MoB	3.7 A
CIC (meq·100 g ⁻¹)	7.59	7.47	4.9	15.0	18.9	5.86	9.90
mg·kg⁻¹							
N-Inorgánico	11.4 M	15.6 M	81.4 MuA	17.7 M	8.94 MoB	6.23 MoB	12.2 M
P-Bray	23.4 MoA	25.2 MoA	62.1 MuA	10.8 MoB	6.98 B	9.2 MoB	13.1 M
K	357 M	108 B	384 M	218 MoB	346 M	227 MoB	225 MoB
Ca	572 B	687 B	572 B	2404 MoA	2432 MoA	858 B	1230 MoB
Mg	174 B	160 B	56 MuB	280 MoB	323 M	71 MuB	332 M
Na	68 B	34 MuB	33 MuB	38 MuB	41 MuB	31 MuB	36 MuB
Fe	18.6 M	17.4 M	53.4 A	8.56 MoB	7.14 MoB	56.8 A	25.9 MoA
Zn	0.78 B	0.42 B	0.40 B	0.44 B	0.53 B	0.75 B	0.84 MoB
Mn	29 MoA	73.1 MuA	47.9 A	23.8 MoA	28.9 MoA	60.5 MuA	98.4 MuA
Cu	0.43 MoB	2.42 A	1.63 MoA	2.05 MoA	1.26 MoA	1.45 MoA	1.47 MoA
B	0.42 MoB	0.63 M	0.55 MoB	0.81 M	0.63 M	0.61 M	0.78 M

209 ¹Ar: arcillosa; Fr: franca; M-A-L: migajón-arcillo-limosa; FA: fuertemente ácido; MoAc:
 210 moderadamente ácido; N: neutro; MuB: muy bajo; B: bajo; MoB: moderadamente bajo; M:
 211 mediano; MoA: moderadamente alto; A: alto; MuA: muy alto; FuA: fuertemente alto y MoA:
 212 moderadamente ácido; CE: conductividad eléctrica; M.O.: contenido de materia orgánica; CIC:
 213 capacidad de intercambio catiónico.

214

215

216

Periodo apropiado para el muestreo foliar

217

218

219 Como los resultados del análisis foliar varían con el flujo vegetativo y la época de muestreo, Rajput
220 et al. (1985) sugieren establecer una época adecuada de muestreo para cada flujo, esto para evitar
221 resultados erróneos. En este trabajo, los periodos de estabilidad nutrimental foliar (PENF)
222 mostraron diferencias entre los cultivares de mango, así como entre sus correspondientes flujos
223 vegetativos (Cuadro 3).

224

PUBLICACIÓN EN AVANZADA

225 **Cuadro 3.** Periodo de estabilidad nutrimental foliar en días (PENF; celdas sombreadas) y periodo apropiado para el muestreo foliar
 226 (PAMF; celdas entre líneas gruesas verticales) para cada flujo vegetativo de los mangos ‘Ataulfo’ y ‘Kent’.

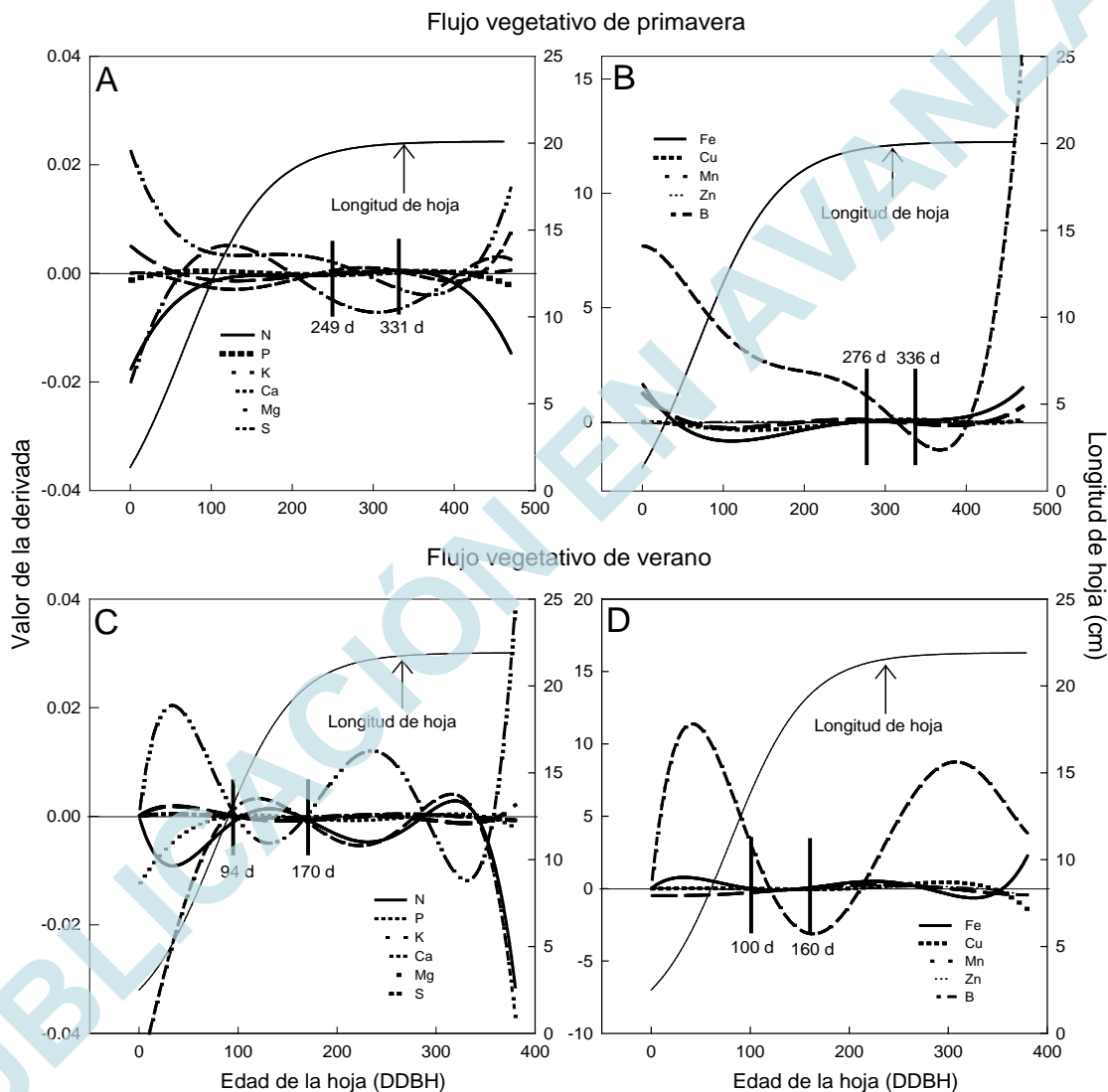
Ataulfo	Primavera					PENF	PAMF	
	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre		Fecha	DDBH ¹
N, P, K, Ca, Mg S						249-331	del 8 de octubre al 2	276-331
Fe, Cu, Mn, Zn B						276-336	de diciembre	276-331
	Verano					PENF	PAMF	
	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre		Fecha	DDBH
N, P, K, Ca, Mg S						94-170	del 30 de septiembre	100-160
Fe, Cu, Mn, Zn B						100-160	al 29 de noviembre	100-160
Kent	Primavera					PENF	PAMF	
	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre		Fecha	DDBH
N, P, K, Ca, Mg S						241-316	del 3 de septiembre al	241-316
Fe, Cu, Mn, Zn B						215-318	17 de noviembre	241-316
	Verano					PENF	PAMF	
	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre		Fecha	DDBH
N, P, K, Ca, Mg S						96-150	del 27 de septiembre	96-150
Fe, Cu, Mn, Zn B						75-157	al 19 de noviembre	96-150

227 ¹Días después de la brotación de la hoja.

228

229 'Ataúlfo'. En el FVP el PENF para N, P, K, Ca y Mg fue de 249 a 331 DDBH (Cuadro 3; Figura
 230 1A), y para el S de 175 a 226 DDBH. En el caso de micronutrientes, el PENF ocurrió entre 276
 231 y 236 DDBH (Cuadro 3; Figura 1B). Aunque la concentración de Mn no presentó estabilidad, dicho
 232 periodo aplica para este nutriente. Por lo anterior, tanto para macro como micronutrientes, el
 233 PAMF se delimitó del 8 de octubre al 2 de diciembre (276 a 331 DDBH).

234



235
 236 **Figura 1.** Longitud de hoja, valor de la derivada y periodos de estabilidad nutrimental (espacio
 237 entre las líneas verticales) para macro (A y C) y micronutrientes (B y D) en mango 'Ataúlfo'.
 238 Datos de dos huertos.

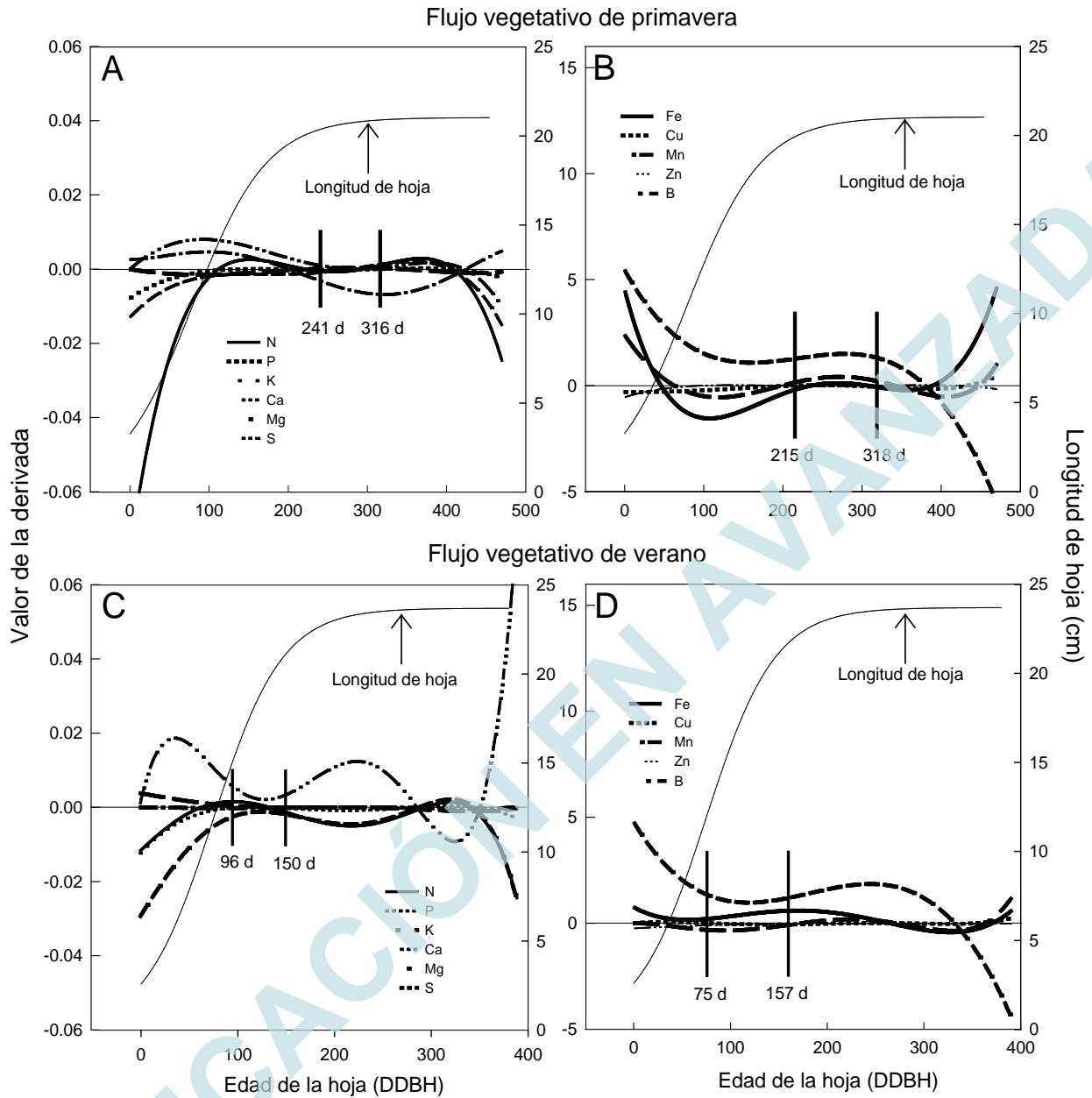
239

240 Para el FVV, los macronutrientos se estabilizaron entre 94 y 170 DDBH (Cuadro 3; Figura 1C)
241 y los micronutrientos entre 100 a 160 DDBH (Cuadro 3; Figura 1D). En ambos casos el PAMF
242 fue del 30 de septiembre al 29 noviembre (100 a 160 DDBH; Cuadro 3). En este caso, al igual que
243 en el FVP, el PENF de los micronutrientos se ajustó al Mn a pesar de que en este nutriente no
244 se registró un periodo de estabilidad.

245 Para el mango 'Manila' cultivado en Veracruz, México, se recomienda hacer el muestreo foliar en
246 junio-julio o agosto-septiembre, cuando las hojas de primavera tienen de cuatro a siete meses de
247 edad (Mosqueda-Vázquez et al., 1996). Al comparar estos resultados con los obtenidos del cv.
248 Ataúlfo no se encontró coincidencia, ya que en 'Ataúlfo' el PAMF para el FVP fue cuando las
249 hojas tenían de nueve a once meses de edad. Lo anterior evidencia la necesidad de obtener
250 información específica para cada cultivar de mango y condición de cultivo.

251 **'Kent'**. En este cultivar, el PENF en el FVP para macronutrientos fue de 241 a 316 DDBH
252 (Cuadro 3; Figura 2A) y para micronutrientos entre 215 y 318 DDBH (Cuadro 3; Figura 2B). Al
253 igual que en 'Ataúlfo', el S no mostró un PENF que coincidiera con los demás macronutrientos;
254 no obstante, entre 241 y 316 DDBH el valor de su derivada mostró una menor tasa de cambio. La
255 inestabilidad del S pudo ser ocasionada por las frecuentes aspersiones de químicos que contienen
256 este elemento para controlar enfermedades como antracnosis y cenicilla (Espinoza-Aburto et al.,
257 2006).

258



259

260 **Figura 2.** Longitud de hoja, valor de la derivada y periodos de estabilidad nutrimental (espacio
 261 entre las líneas verticales) para macro (A y C) y micronutrientes (B y D) en mango ‘Kent’.

262 Datos de tres huertos.

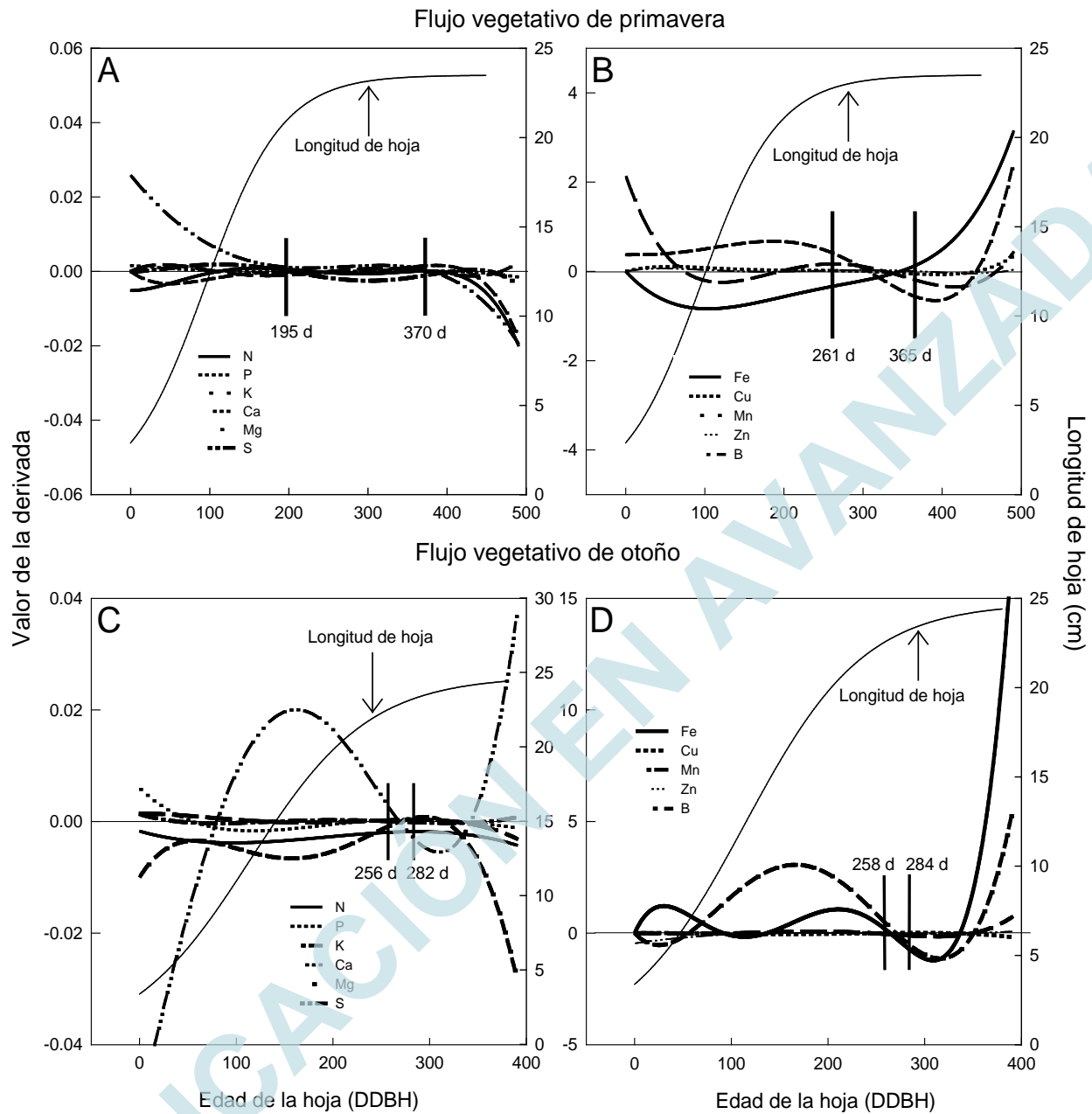
263

264 En el FVV, el PENF para macro y micronutrientes fue entre 96 y 150 DDBH y 75 a 157 DDBH,
 265 respectivamente (Cuadro 3; Figuras 2D y 2C). De acuerdo con lo anterior, el PAMF fue del 26 de
 266 septiembre al 19 de noviembre (96 a 150 DDBH) (Cuadro 3). Los muestreos foliares son

267 apropiados con edades de hoja entre ocho a diez meses (hojas de primavera) y tres a cinco meses
268 (hojas de verano). Estos resultados no coinciden con los reportados por Benítez-Pardo et al. (2003),
269 quienes para el mismo cultivar de mango, pero en el estado de Sinaloa (ubicado al norte de Nayarit),
270 recomiendan analizar hojas de dos a cuatro meses de edad, aunque no especificaron el tipo de flujo
271 vegetativo estudiado; además, dicho periodo de muestreo fue propuesto con un criterio visual
272 (gráfico) y no matemático.

273 **'Tommy Atkins'**. El PENF del FVP para macronutrientos ocurrió de 195 a 370 DDBH y de 261
274 a 365 DDBH para micronutrientos (Cuadro 4; Figuras 3A y 3B). Para el FVO, el PENF para
275 macro y micronutrientos fue de 256 a 282 DDBH y de 258 a 284 DDBH, respectivamente
276 (Cuadro 4; Figuras 3C y 3D). De acuerdo con esto, el PAMF del FVP fue del 23 de septiembre al
277 05 de enero (261 a 365 DDBH) y del 6 al 30 de junio (258 a 282 DDBH) para FVO (Cuadro 4).
278 Este último resultado difiere de lo mencionado por Rajput et al. (1985), ya que sugieren que en
279 climas subtropicales el mes para realizar muestreo de hojas del FVO es octubre (abril en el
280 hemisferio norte).

281



282

283 **Figura 3.** Longitud de hoja, valor de la derivada y periodo de estabilidad nutrimental (espacio
 284 entre las líneas verticales) para macro (A y C) y micronutrientos (B y D) en mango 'Tommy
 285 Atkins'. Datos de dos huertos.

286

287

288 **Cuadro 4.** Periodo de estabilidad nutrimental foliar en días (PENF; celdas sombreadas) y periodo apropiado para el muestreo foliar
 289 (PAMF; celdas entre líneas gruesas verticales) para cada flujo vegetativo del cv. Tommy Atkins.

Primavera							PAMF		
PENF							Fecha	DDBH ¹	
julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero			
N, P, K, Ca, Mg, S							195-370	del 23 de septiembre	261-365
Fe, Cu, Mn, Zn, B							261-365	al 5 de enero	261-365
Otoño							PAMF		
PENF							Fecha	DDBH	
mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre			
N, P, K, Ca, Mg, S							256-282	del 6 al 30 junio	258-282
Fe, Cu, Mn, Zn, B							258-284		258-282

290 ¹Días después de la brotación de la hoja.

291 No se encontró información disponible de mango sobre periodos de muestreo para hojas del FVV;
292 probablemente porque el FVP, que ocurre después de la floración, es el más importante en la
293 mayoría de las regiones productoras de mango.

294

295

296

Conclusiones

297

298

299 Los periodos de mayor estabilidad de la concentración nutrimental foliar difirieron entre los tres
300 cultivares de mango estudiados, sus flujos vegetativos y el nutriente en cuestión. El procedimiento
301 matemático empleado en la presente investigación fue adecuado para identificar el periodo
302 apropiado para realizar los muestreos foliares para el análisis de la mayoría de nutrimentos en los
303 tres principales cultivares de mango (Ataulfo, Kent y Tommy Atkins) en Nayarit, México.

304

305

Agradecimientos

306 Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, al Fondo Mixto del
307 estado de Nayarit (proyecto 2005-C01-25/A-1) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-
308 Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de
309 Innovación (proyecto 115830) por el financiamiento. Además, se agradece el apoyo técnico de
310 Mariela Castro López, así como de los productores Alvino Hernández, Juan J. Salazar, Armando
311 Arrambide, Santos Ramos, Benito Carrillo y Alberto Ramos por facilitar sus huertos para la
312 investigación.

313

314

Referencias

315 Alcántar-González, G., & Sandoval-Villa, M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal*.
316 Chapingo, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

- 317 Avilán, R. L. (1971). Variaciones de los niveles de N, P, K y Ca en las hojas de mango (*Mangifera*
318 *indica* L.) a través de un ciclo de producción. *Agronomía Tropical*, 21(1), 3-10. Retrieved from
319 http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2101/arti/avilan_1.htm
- 320 Benítez-Pardo, D., Hernández-Montoya, M., Osuna-Enciso, M. T., Valenzuela-López, M., &
321 Galván-Piña, B. (2003). Muestreo y análisis foliar relacionados con fenología en mango en el
322 sur de Sinaloa, México. *Terra*, 21(2), 73-283. Retrieved from
323 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57315595013>
- 324 Bingham, F. T. (1982). Boron. In: Miller, R. H., Keeney, D. R., & Page, A. L. (Eds.), *Methods of*
325 *soil analysis, part 2* (pp. 431-446). Madison, WI, USA: American Society of Agronomy and
326 Soil Science Society of America.
- 327 Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic and available phosphorus in
328 soil. *Soil Science*, 59, 39-45. Retrieved from
329 <http://garfield.library.upenn.edu/classics1987/A1987J041400001.pdf>
- 330 Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Total nitrogen. In: Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney,
331 D. R. (Eds), *Methods of soil analysis. Agronomy no. 9. Part. 2* (pp. 595-694). Madison, WI,
332 USA: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.
- 333 Castro-López, M. G., Salazar-García, S., González-Durán, I. J. L., Medina-Torres, R., & González-
334 Valdivia, J. (2012). Evolución nutricional foliar en tres cultivares de mango en Nayarit,
335 México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 685-700. Retrieved from
336 http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400005
- 337 Chávez-Contreras, X., Vega-Piña, A., Tapia-Vargas, L. M., & Miranda-Salcedo, M. A. (2001).
338 *Mango, su manejo y producción en el trópico seco de México*. Michoacán, México: Instituto
339 Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- 340 Dahnke, W. C. (1990). Testing soils for available nitrogen. In: Westerman, R. L. (Ed.), *Soil Testing*
341 *and Plant Analysis* (pp. 120-140). Madison, WI, USA: American Society of Agronomy and Soil
342 Science Society of America.
- 343 Doll, E. C., & Lucas, R. E. (1973). Testing soil for potassium, calcium and magnesium. In: Walsh,
344 L. M., & Beaton, J. D. (Eds.), *Soil Testing and Plant Analysis* (pp. 133-152). Madison, WI,
345 USA: Soil Science Society of America.

- 346 Draper, N. R., & Smith, H. (1981). *Applied Regression Analysis*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- 347 Enríquez, R. S. (1989). Análisis de Boro en suelos y plantas mediante el método de azometina-H.
348 *Terra*, 7, 13-20.
- 349 Espinoza-Aburto, J., Arias-Suárez, J. F., Miranda-Salcedo, M. A., Rico-Ponce, H. R., Mercado, J.,
350 López-Acosta, A., Vargas-Gómez, E., & Teniente-Oviedo, R. (2006). *Guía práctica para la*
351 *producción de mango en Michoacán*. Michoacán, México: Instituto Nacional de Investigaciones
352 Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- 353 Etchevers, B. J. D., Goijberg, G., López, R. R. M., Padilla, C. J., Alvarado-López, J., Hidalgo, M.
354 C., Cruz, H. M. L., Guerrero P. A., Gutiérrez, B., & Miranda C. E. (2000). *Manual de*
355 *procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas del laboratorio de fertilidad de*
356 *suelos*. Texcoco, México: Instituto de Recursos Naturales - Colegio de Postgraduados.
- 357 García, E. (1998). *Climas (clasificación de Köppen, modificado por García), escala 1:1,000,000*.
358 México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CANABIO).
- 359 Granville, W. A., Smith, P. F., & Longley, W. R. (1963). *Elements of the differential and integral*
360 *calculus*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- 361 Koo, R. C. J., & Young, T. W. (1972). Effect of age and position on the mineral composition of
362 mango leaves. USA. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*, 97, 792-
363 794.
- 364 Lindsay, W. L., & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron,
365 manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3), 421-428.
366 doi:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x
- 367 McLean, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. In: Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D.
368 R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. (pp. 133-152). Madison, WI, USA: American
369 Society of Agronomy and Soil Science Society of America.
- 370 Mosqueda-Vázquez, R., de los Santos-Rosa, F., Becerra-León, E. N., Cabrera-Míreles, H., Ortega-
371 Zaleta, D. A., & Del Ángel-Pérez, A. L. (1996). *Manual para cultivar mango en la planicie*
372 *costera del golfo de México*. Veracruz: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
373 Agrícolas y Pecuarias.

- 374 Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In:
375 Page, A. L., Miller, R. H., & Keeney, D. R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2* (pp. 539-
376 594). Madison, WI, USA: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.
- 377 Neter, J., Li, W., & Kutner, M. H. (1985). *Applied linear statistical models*. USA: McGraw-Hill.
- 378 Pathak, R. A., & Pandey, R. M. (1976). Sampling for mineral content in leaves of mango cultivar
379 'Dashehari'. *Scientia Horticulturae*, 5(3), 255-264. doi: 10.1016/0304-4238(76)90090-X
- 380 Ponchner, S., Rojas, R., & Bornemisza, E. (1993). Variación estacional de nutrimentos en árboles
381 de mango (*Mangifera indica* L.) en tres suelos del Pacífico seco de Costa Rica. I.
382 macronutrimentos. *Agronomía Costarricense*, 17(2), 21-30. Retrieved from
383 http://www.mag.go.cr/rev_agr/v17n02_021.pdf
- 384 Quiñones, A., Soler, E., & Legaz, F. (2013). Determination of foliar sampling conditions and
385 standard leaf nutrient levels to assess mineral status of loquat tree. *Journal of Plant Nutrition*,
386 36(2), 284-298. doi: 10.1080/01904167.2012.739248
- 387 Rajput, M. S., Chadha K. L., & Thakur, R. S. (1985). Standardization of leaf sample size for
388 nutrient analysis in mango. *Indian Journal of Horticulture*, 42, 210-212.
- 389 Salazar-García, S. (2002). *Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones*. México: Instituto
390 Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Instituto de la Potasa y el
391 Fósforo.
- 392 Salazar-García, S., González-Durán, I. J. L., & Ibarra-Estrada, M. E. (2015). Identification of the
393 appropriate leaf sampling period for nutrient analysis in 'Hass' avocado. *HortScience*, 50(1),
394 130-136. Retrieved from <http://hortsci.ashspublications.org/content/50/1/130.full.pdf+html>
- 395 Salazar-García, S., Ramírez-Murillo, P. E., & Gómez-Aguilar R. (1993). Desarrollo radical de
396 portainjertos de mango en función del cultivar injertado, la edad del árbol y la textura del suelo.
397 *Revista Fitotecnia Mexicana*, 16, 12-20.
- 398 Samra, J. S., Chadha K. L., & Thakur, R. S. (1978). Comparison of some mango cultivars in terms
399 of their macro-nutrient status in fruiting and non-fruiting terminals. *Indian Journal of*
400 *Horticulture*, 35, 184-187.
- 401 Statistical Analysis System (SAS Institute). (2009). *SAS user's guide version 9.1*. Cary: Author.

- 402 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). *Atlas agroalimentario 2016*.
403 México, D.F.: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- 404 Systat Software Inc. (2006). *SigmaPlot: Exact graphs and data analysis*. U.S.A: Author.
- 405 Young, T. W., & Koo, R. C. (1971). Variations in minerals of Florida mango leaves. U.S.A.:
406 *Florida State Horticultural Society*.

PUBLICACIÓN EN AVANZADA