

CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA Y DISTRIBUCIÓN DEL *Amaranthus* spp EN MÉXICO*

Teresa Reyna Trujillo **
Estela Carmona Jiménez **

Resumen

El amaranto *Amaranthus* spp es un recurso vegetal de importancia alimentaria ya desde la época prehispánica. En las últimas décadas ha sido muy estudiado como un cultivo alternativo y potencial para aquellas áreas del país donde se practica la agricultura de temporal o de secano y cuya precipitación pluvial es la única fuente hídrica para mantenerlo.

En el análisis que ahora se hace, se concluye que el cultivo de las principales especies productoras de semilla: *A. hypochondriacus* y *A. cruentus* deberá extenderse preferentemente en aquellas regiones que reciban entre 700 y 1 200 mm de precipitación concentrados principalmente en el verano; en tanto que las especies consumidas como verdura *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. dubius*, entre otras, prosperarán mejor en lugares que reciban más de 1 300 mm de lluvia.

Palabras clave: Precipitación de verano, cultivo alternativo potencial, especies de *Amaranthus*.

Summary

The amaranth, *Amaranthus* spp since the prehispanic time is a vegetable resource. For the last decade was studied a lot will an alternative crop for those country areas, were temporary agriculture or droughts and precipitation is the only source hydric to maintain them.

The conclusion of the analysis that is doing know for the first productive species of seeds *A. hypochondriacus* and *A. cruentus* has to be extended mainly in those areas who receive between 700 and 1 200 mm of concentrate precipitation in the summer mainly; but for the species to be consumed like a vegetable *A. hybridus*, *A. retroflexus*, *A. dubius* and others ones, the best places for them has to receive more than 1 300 mm of precipitation.

Key words: Summer precipitation, potential alternative crop, species of *Amaranthus*.

Antecedentes

El presente trabajo forma parte del proyecto denominado "Caracterización edafoclimática de las regiones potencialmente útiles para el cultivo del amaranto *Amaranthus* spp"; investigación integrativa que desde hace cuatro años se viene desarrollando bajo los auspicios del Instituto de Geografía, del Programa Universitario de Alimentos y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

* Recibido: 3 de octubre de 1994.

** Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Postal 20-850, 01000 México, D. F.

Es ya sabido que el género *Amaranthus*, de la familia Amaranthacea, tiene una amplia distribución en América, incluyendo países como México, Bolivia, Perú, Argentina, entre otros, así como en muchas otras latitudes del mundo: India, Nepal, China, Angola, Kenya, sólo por mencionar algunas, Hunziker (1943 y 1991), Sauer (1950 y 1967), Grubben (1975), Carlsson (1979), Daloz (1979), Feine (1979), Hauptli, Lutz y Jain (1979), Sánchez Marroquín (1980), Covas (1991). Particularmente en nuestro país, ya desde los tiempos de los códices, como el Florentino por ejemplo, se hace alusión a la distribución, uso y manejo de los amarantos, tal como lo refieren Velazco y Hayden (1986), Gómez Lorence (1986), Sandoval (1989), Estrada (1991) y otros.

Mapes (1986) dice que "en la actualidad se considera que cerca de 60 especies tienen una distribución cosmopolita y son particularmente abundantes como malezas en los campos cultivados y en otros sitios perturbados. Ya que muchas de las especies se comportan como malezas y dado que frecuentemente las semillas son transportadas por el hombre, tanto de manera intencional como en forma desapercibida, es difícil decir exactamente cuántas de ellas son originarias de un área determinada."

Y si bien en México, y sobre todo en las dos últimas décadas, las investigaciones y el conocimiento en sí del amaranto se ha incrementado de manera notable, su distribución únicamente había sido cartografiada de manera muy general (Sauer 1950) o solo parcialmente (Reyna 1986); Caballero *et al.* (1992), pero no de manera total y menos aún en relación con los climas y con los suelos donde se desarrolla.

Los aspectos que ahora se analizan son particularmente sobre la precipitación y el efecto que la misma puede tener para el cultivo del amaranto para semilla, ya que en otro momento se enfocó esta temática para los amarantos no cultivados en sus formas: ruderal, arvense o maleza (Reyna, 1990).

Varios autores, tanto nacionales como extranjeros, entre otros: Aguilar y Alatorre (1978), Hauptli, Lutz y Jain (1979), Sánchez Marroquín (1980), National Research Council (1984), Cavagnaro (1985), Reyna (1986, 1990, 1992, 1994), Reyna y Flores (1987), Reyna y Granados (1987), Reyna, Suárez y Cervantes (1989), Barrales, García y Meztiza (1991), han mencionado que algunas especies de amaranto por ser plantas C₄ con patrones altamente fotosintéticos, tienen posibilidades de adaptarse a regiones donde la precipitación es escasa puesto que, incluso, parecen tener cierta resistencia a la sequía y por ello podrían ser también una alternativa para mejorar la producción, baja, en las zonas temporales o de secano del mundo destinadas a obtener maíz, frijol y otros granos convencionales.

Nabhen (1979) dice que *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* fueron domesticados por tribus del suroeste de Estados Unidos y noroeste de México en áreas relativamente áridas, y que en la actualidad lo siguen cultivando en localidades de la Sierra Tarahumara y norte de Sonora con 24 pulgadas (610 mm) de precipitación anual.

Por el contrario, aunque los menos, como Daloz (1979), consideran que el amaranto prospera mejor en regiones con precipitaciones regulares durante el año, como sería el caso de los "trópicos húmedos" de África, Asia y Latinoamérica; Jain, Vaidya y Joshi (1979), mencionan únicamente que el amaranto es cultivado en muchos países tropicales y subtropicales, pero no hacen referencia alguna a las cantidades de precipitación que en ellos se reciben.

En realidad no se ha estudiado de manera detallada qué especies, tipos, variedades, cultivares o razas, prosperan mejor ante determinados regímenes pluviométricos y con qué cantidades mínimas específicas caídas durante la etapa temporalera.

Objetivos

Particularmente con esta investigación se pretenden conocer los valores que alcanza la precipitación en nuestro país y las probabilidades de recibir esas o mayores cantidades al año. La época en que se establecen las lluvias en relación directa con la distribución de los amarantos cultivados, así como ésta en relación con la distribución con otras formas de amarantos como son: semicultivados, ruderales, arvenses y riparios.

Cuantificar el descenso, o sequía relativa "canícula", que tornan al temporal irregular y problemático para la producción del amaranto, sobre todo cuando se trata del cultivado, al cual en este trabajo se hace especial referencia. Y con todos los elementos antes mencionados, conformar la cartografía donde se exprese la distribución de la lluvia y la riqueza y diversidad que las modalidades de amaranto tienen en México.

Metodología

Inicialmente se hizo una búsqueda exhaustiva de bibliografía especializada donde ya fuera de manera general por entidades federativas o de manera puntual, se proporcionara información de la presencia del género *Amaranthus* o de algunas especies que ahí se estaban desarrollando (esto fue lo más frecuente); o bien, la información más fina que indicara la presencia desde género, especies y hasta variedades, tipos, razas, cultivares (lo menos frecuente).

Se revisaron los ejemplares de amarantos en sus diferentes formas existentes en múltiples herbarios y colecciones particulares (los cuales forman parte de un anexo que figura en este trabajo) y se realizó también trabajo de campo donde se hicieron observaciones directas y muestreos aleatorios con el criterio de que por lo menos debía haber más de 100 plantas presentes para hacer la colecta o el registro visual. La mayoría de los ejemplares colectados

fueron identificados hasta especie por personal de los herbarios de la Facultad de Ciencias de la UNAM y de la Universidad de Morelos, quedando ahí mismo depositados.

Paralelamente se obtuvieron los registros de precipitación de 1 600 estaciones meteorológicas, procurando que las series de datos abarcaran largos periodos de registro (en general de 1921 a 1988) y en muchos casos, la cartografía de Vidal Zepeda (1989), para este elemento climático fue basal.

Los datos se procesaron, obteniendo la precipitación total anual de cada uno de los años registrados y la precipitación media anual.

Precipitación total anual = Σ Precipitaciones mensuales

Precipitación = $\frac{\Sigma \text{ Precipitaciones totales anuales}}{\text{Número de años}}$

Media Anual Número de años

Con los valores así obtenidos para cada localidad, se trazó el mapa de isoyetas (en mm) para toda la República.

Posteriormente se plasmó, por el método de la superposición, la información sobre las formas de amaranto encontradas para cada entidad y éstas fueron agrupadas de la siguiente manera.

Cultivado: Cuando era manejado directamente por el hombre con objeto de utilizarlo como fuente alimenticia, ya fuera consumiendo sus partes frescas (como verdura y/o semillas). Se le dio mayor peso al estudio de los amarantos productores de semilla.

Semicultivado: Al encontrarlo formando parte del huerto familiar o "solar" y cuyo uso prioritario era para el autoconsumo.

Ruderal: Al ser encontrado a lo largo de las carreteras, caminos vecinales, las mismas calles, en terrenos baldíos o abandonados, sobre tierras o materiales removidos, etcétera.

Arvense: Aplicado al detectarlo como planta invasora o maleza en los campos donde se estaban desarrollando cultivos como maíz, frijol, jitomate, frutales, entre otros.

Y ripario: al colectarlo en las riberas de ríos, o en las orillas de cuerpos de agua temporales o permanentes.

Posteriormente se efectuó el análisis estadístico de la precipitación recibida en las 51 localidades seleccionadas como las más representativas, donde de manera tradicional se ha cultivado el amaranto en el país, para de esta manera poder detectar cuáles son los índices de precipitación más adecuados y recomendar áreas potenciales en donde incrementar a futuro, las superficies sembradas con especies de amarantos para la obtención de semilla o de verdura.

Resultados

1. Altitud (msnm)

La precipitación es uno de los elementos más variables del clima en el país, por lo mismo, la cantidad y la temporada lluviosa son muy heterogéneas, como lo es también la altitud en la que se encontraron las diferentes especies y formas del género *Amaranthus* (Cuadro 1 y Mapa 1).

Cuadro 1. Condiciones pluviométricas de algunas localidades productoras de amaranto para semilla

Localidad	Altitud (msnm)	Precipitación media anual (mm) y régimen	Probabilidad (%)	Sequía relativa (%)	Algunas especies cultivadas
Colima					
Armerfa	35	715 w"	46	< 10	<i>A. cruentus</i>
Chihuahua					
Cusihuiríachic	1 925	470 w"	45	< 10	<i>A. hypochondriacus</i> ; <i>A. cruentus</i>
Carichic	1 920	516 w"	45	< 10	<i>A. hypochondriacus</i>
Distrito Federal					
*Milpa Alta	2 300	756 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo mixteco, azteca, mercado
*San Gregorio Atlapulco	2 250	738 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mercado, Nepal, mixteco
San Nicolás Tetelco	2 000	732 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo Nepal, mercado; <i>A. cruentus</i>
*Tulyehualco	2 280	730 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mercado, mixteco, Nepal
*Xochimilco	2 240	1 096 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mixteco, mercado, Nepal
Durango					
Nombre de Dios	1 900	436 w	46	-	<i>A. hypochondriacus</i>
Vicente Guerrero	1 870	460 w	46	-	<i>A. hypochondriacus</i>

continuación ...

Jalisco

Tlajomulco	1 350	770 w	48	-	<i>A. hypochondriacus</i>
Tuxpan	1 280	1 000 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> ; <i>A. cruentus</i>
Zacoalco	1 500	600 w	47	-	<i>A. hypochondriacus</i>

Estado de México

Amecameca	2 470	628 w"	47	10	<i>A. hypochondriacus</i>
Cocotitlán	2 300	700 w"	47	20	<i>A. hypochondriacus</i>
Chalco	2 238	656 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mercado, mixteco, Nepal; <i>A. cruentus</i> ; <i>A. caudatus</i>
*Chapingo	2 250	637 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mercado, revancha, mixteco, Nepal; <i>A. cruentus</i> tipo mexicano
*Chiconcuac	2 240	750 w"	45	20	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mercado, mixteco
Tenancingo	2 040	1 254 w"	47	< 10	<i>A. hypochondriacus</i>
*Texcoco	2 353	692 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mercado, mixteco Nepal

Michoacán

Cherán	2 200	1 200 w"	46	10	<i>A. hypochondriacus</i>
Chilchota	2 040	850 w"	45	9	<i>A. hypochondriacus</i>
*Opopeo	2 173	1 182 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i>
*Pátzcuaro	2 132	996 w	45	-	<i>A. hypochondriacus</i> tipo Pátzcuaro, mixteco; <i>A. cruentus</i>
*Tzintzuntzan	2 130	1 040 w"	45	< 10	<i>A. hypochondriacus</i>

continuación ...

Morelos

*Amilcingo	1 250	880 w"	48	9	<i>A. cruentus</i> tipo mexicano "payasito"
*Huazulco	1 250	800 w"	48	<10	<i>A. cruentus</i> tipo mexicano "payasito"
Huitchila	1 200	800 w"	48	14	<i>A. cruentus</i> "payasito"
Jonacatepec	1 350	865 w"	48	10	<i>A. cruentus</i> "payasito"
Miacatlán	870	990 w"	46	9	<i>A. cruentus</i> "payasito"
*Temoac	1 200	880 w"	48	10	<i>A. cruentus</i> "payasito"; <i>A. hypochondriacus</i>
Yecapixtla	1 700	1 080 w"	48	9	<i>A. cruentus</i> "payasito"
Zacapalco	1 200	800 w"	46	14	<i>A. cruentus</i> tipo mexicano "payasito"; <i>A. hypochondriacus</i> tipo mercado, <i>Nepal</i>

Nayarit

Acaponeta	22	1 317 w	45	-	<i>A. cruentus</i>
Rosa Morada	20	1 486 w	45	-	<i>A. cruentus</i>
Rufz	30	1 044 w	45	-	<i>A. cruentus</i> , en las tres localidades se introdujo recién- temente <i>A. hypochondriacus</i> tipo revancha

Oaxaca

Ixtlán de Juárez	1 886	1 036 w"	45	5	<i>A. hypochondriacus</i>
Oaxaca	1 900	651 w	46	21	<i>A. hypochondriacus</i> ; <i>A. cruentus</i>
San Miguel					
Suchixtepec	2 842	1 347 w"	47	22	<i>A. hypochondriacus</i>
Zimatlán	1 568	690 w"	47	22	<i>A. cruentus</i>

continuación ...

Puebla

Acatlán	1 213	640 w"	47	30	<i>A. cruentus</i> "payasito"
Atlixco	1 800	890 w"	47	18	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca;
*Huahuaxtla	1 625	1 953 w"	45	24	<i>A. cruentus</i> <i>A. hypochondriacus</i> tipo mixteco;
*Huaquechula	1 640	868 w"	48	25	<i>A. cruentus</i> <i>A. hypochondriacus</i> ;
Tepexco	1 500	800 w"	48	25	<i>A. cruentus</i> "payasito";
*Xochitlán	1 919	1 400 w"	46	24	<i>A. cruentus</i> <i>A. hypochondriacus</i> tipo mixteco
*Zacapoaxtla	2 045	1 368 w"	46	24	<i>A. hypochondriacus</i>

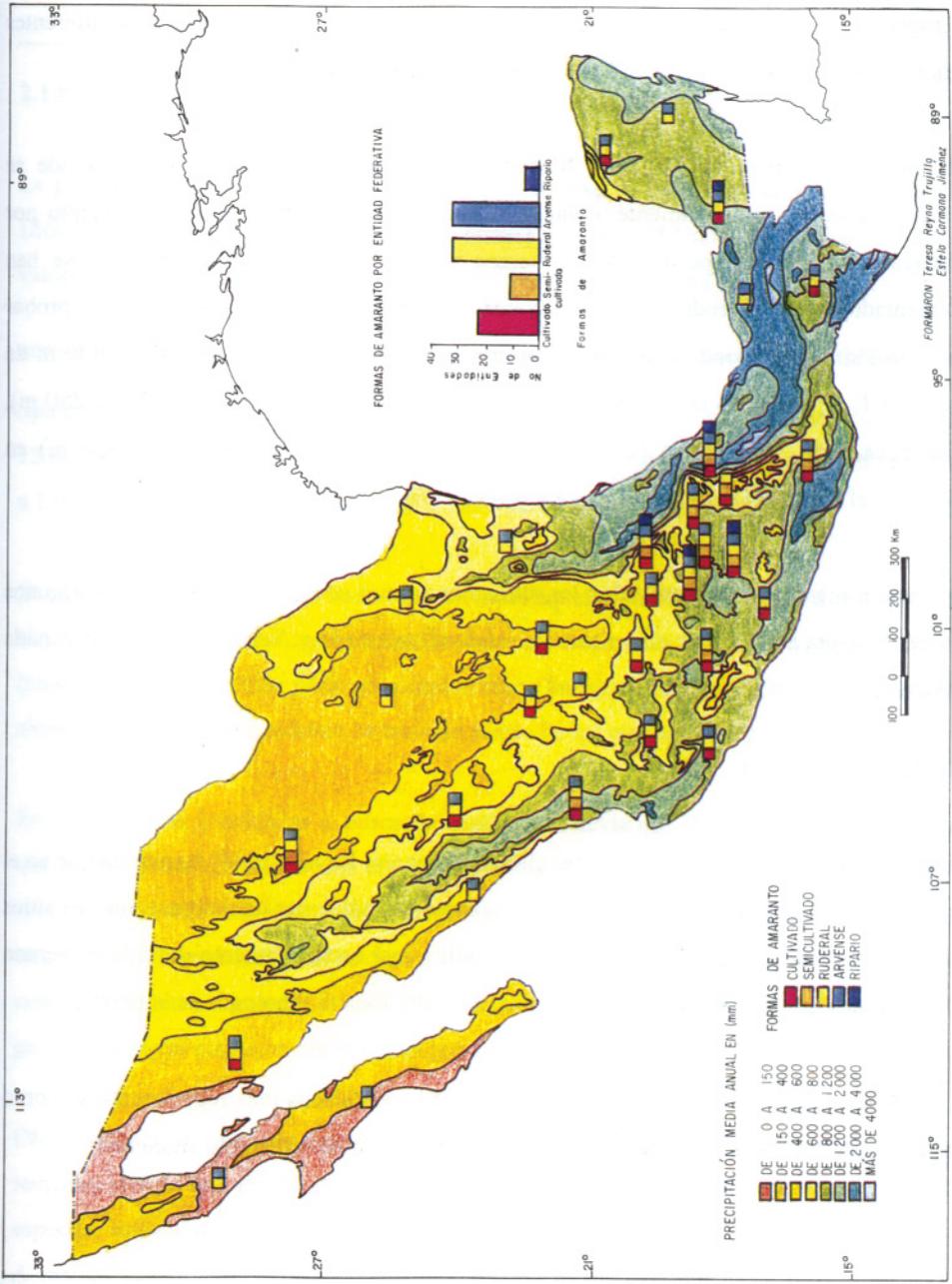
Tlaxcala

Apizaco	2 404	833 w"	46	20	<i>A. hypochondriacus</i>
Contla	2 500	800 w"	46	20	<i>A. hypochondriacus</i>
*Ixtenco	2 550	700 w"	46	25	<i>A. hypochondriacus</i>
*San Miguel del Milagro	2 250	800 w"	46	20	<i>A. hypochondriacus</i> tipo azteca, mixteco; <i>A. cruentus</i>

*Localidad tradicional en el cultivo y buena productora de semilla.

" " Nombre regional del tipo.

Fuente: Véase Anexo.



Las especies y tipos de amaranto productores de semillas se colectaron a muy diferentes altitudes, desde 20 m, pasando por una amplia gama, hasta más de 2 800 msnm.

El primer caso correspondió a Rosa Morada, Nay., que tiene 20 m de altitud donde se cultiva *A. cruentus* principalmente, coincidiendo con lo encontrado en este municipio por Arzacoya *et al.* (1991), pero cuyos esfuerzos a partir de este año mencionado se han incrementado, ya que introdujeron *A. hypochondriacus* tipo *revancha*, con objeto de probar su adaptación a estas condiciones. Muchas fueron las localidades con más de 2 000 m de altitud donde se encontró el amaranto cultivado, entre ellas: Tulyehualco, D. F. (2 280 m), Amecameca, Edo. de México (2 470 m), Apizaco (2 404 m) e Ixtenco (2 550 m) en Tlaxcala, y el caso más extremo en San Miguel Suchixtepec, Oax., con 2 842 m.

Es necesario mencionar que en todos los sitios con altitud considerable se cultivan algunos tipos de *A. hypochondriacus* como *azteca*, *mixteco*, *mercado* y *Nepal* y muy poco o nada *A. cruentus*.

2. Precipitación (mm)

En una investigación previa y de carácter climático general Reyna (1986) menciona que en el país, al amaranto productor de semilla se le cultiva en condiciones de temporal aun en sitios con menos de 400 mm de lluvia al año, y recibidos casi exclusivamente durante el verano (de mayo a octubre inclusive), época en la cual se cubre toda la fenología de la planta.

Los resultados concretos obtenidos al analizar las 51 localidades más representativas como productoras de amaranto cultivado para la obtención de semilla indican lo siguiente:

2.1 Precipitación media anual en mm (Cuadro 1 y Gráfica A)

La precipitación recibida en las localidades productoras va desde 436 mm en Nombre de Dios, Dgo., pasando por cantidades muy diversas hasta 1 953 mm en Huahuaxtla, Pue., valores que fueron confirmados estadísticamente al aplicar la prueba de variables

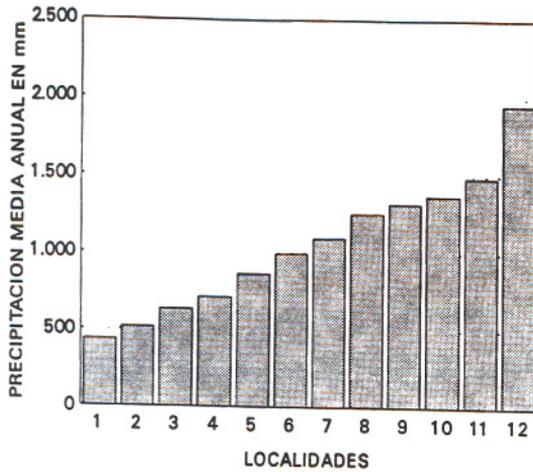
normalizadas $z = \frac{X - \bar{X}}{s}$ (Cuadro 2) y al construir la gráfica de frecuencias (Gráfica B)

Spiegel (1970). Resultando que la precipitación media anual es de 888 mm, en tanto que en 12 localidades (23.52% de los casos) se reciben menos de 700 mm, en 27 (52.94%) de 700 a 1 040 mm y en las 12 restantes (23.52%) más de 1 040 mm de precipitación.

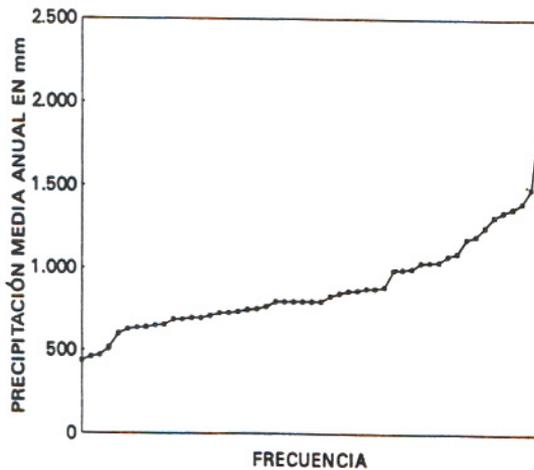
El trabajo de campo realizado indicó que en todas aquellas localidades donde empíricamente el productor manifestaba haber recogido cosechas superiores a 1 500 kg/ha de semilla (rendimiento que por otra parte consideraba como bueno) la precipitación de ese año había alcanzado valores que quedaban justamente dentro de los rangos 700 a 1 200 mm.

En algunas otras localidades al buscar la cantidad de lluvia que había caído en los años en que los campesinos consideraban con rendimientos malos (menos de 600 kg/ha) ésta había sido inferior a 300 mm, esto permite confirmar que las especies silvestres o tal vez algunas en proceso de domesticación sí se desarrollan en esas condiciones (Reyna, 1990) pero que el cultivo intensivo y comercial debe limitarse en lo posible, o bien, hacerlo con los tipos que genéticamente se conozcan como resistentes a la sequía.

Observaciones de campo y también aportaciones de los campesinos (principalmente de las mujeres) indican que en las zonas o en los años lluviosos (con 1 300 mm o muchos más) especies utilizadas a manera de hortaliza o verdura como *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. retroflexus* entre otros (Reyna, en prensa) crecen mucho mejor.



Gráfica A. Localidades: 1. Nombre de Dios, Dgo. 2. Carichic, Chih. 3. Chapingo, Méx. 4. Armería, Col. 5. Huazulco, Mor. 6. Pátzcuaro, Mich. 7. Xochimilco, D. F. 8. Tenancingo, Méx. 9. Acajoneta, Nay. 10. Zacapuaxtla, Pue. 11. Rosa Morada, Nay. 12. Huahuaxtla, Pue.



Gráfica B. Frecuencia.

Cuadro 2. Variable normalizada y frecuencias

Localidad	Estado	Precipitación (mm)	z	Localidad	Estado	Precipitación (mm)	z
Nombre de Dios	Durango	436	1.56	Huaquechula	Puebla	868	0.07
Vicente Guerrero	Durango	460	1.47	Amilcingo	Morelos	880	0.03
Cusiuhuiriacic	Chihuahua	470	1.44	Temoac	Morelos	880	0.03
Carichic	Chihuahua	516	1.28	Atlixco	Puebla	890	-0.00
Zacoalco	Jalisco	600	0.99	Miacatlán	Morelos	990	-0.35
Amecameca	México	628	0.90	Pátzcuaro	Michoacán	996	-0.37
Chapingo	México	637	0.86	Tuxpan	Jalisco	1000	-0.38
Acatlán	Puebla	640	0.85	Ixt. Juárez	Oaxaca	1036	-0.51
Oaxaca	Oaxaca	651	0.82	Tzintzuntzan	Michoacán	1040	-0.52
Chalco	México	656	0.80	Ruíf	Nayarit	1044	-0.53
Zimatlán	Oaxaca	690	0.68	Yecapixtla	Morelos	1080	-0.66
Texcoco	México	692	0.68	Xochimilco	D. F.	1096	-0.71
Cocotitlán	México	700	0.65	Opopeo	Michoacán	1182	-1.01
Ixtenco	Tlaxcala	700	0.65	Cherán	Michoacán	1200	-1.07
Armería	Colima	715	0.60	Tenancingo	México	1254	-1.26
Tulyehualco	D. F.	730	0.55	Acaponeta	Nayarit	1317	-1.47
San N. Teitelco	D. F.	732	0.54	San Miguel S.	Oaxaca	1347	-1.58
San Gregorio	D. F.	738	0.52	Zacapoaxtla	Puebla	1368	-1.65
Chiconcuac	México	750	0.48	Xochitlán	Puebla	1400	-1.76
Milpa Alta	D. F.	756	0.46	Rosa Morada	Nayarit	1486	-2.05
Tlajomulco	Jalisco	770	0.41	Huahuaxtla	Puebla	1953	-3.66
Huazulco	Morelos	800	0.30	Suma		45322	
Huitchila	Morelos	800	0.30	Media		888.66667	
Zacapalco	Morelos	800	0.30	Desv. estándar.		291.00749	
Tepecco	Puebla	800	0.30	Prim. cuart.		700	
Contla	Tlaxcala	800	0.30	Seg. cuart.		800	
Sn. Miguel del M.	Tlaxcala	800	0.30	Ter. cuart.		1040	
Apizaco	Tlaxcala	833	0.19	Suma z		-0.0117	
Chilchota	Michoacán	850	0.13	Media z		-0.0002	
Jonacatepec	Morelos	865	0.08	Desv. z		1.0000	

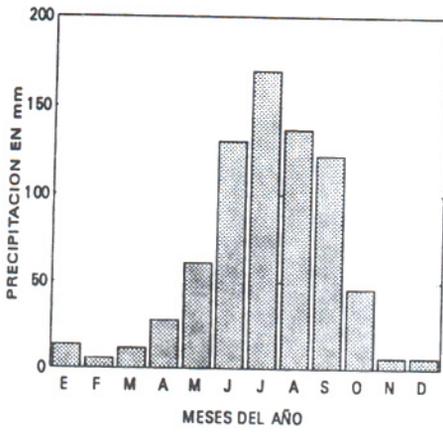
Debe aclararse que en nuestro país no se tienen terrenos dedicados específicamente al cultivo de amarantos para este fin, como sí se tienen en muy pequeñas superficies en Argentina, donde inclusive se dan hasta tres cortes a la plantación con objeto de utilizar el material verde para la alimentación humana y animal, también, y aunque experimentalmente, para obtener material deshidratado, que una vez hidratado nuevamente es un excelente ensilado para los animales (Covas, 1992).

2.2 Régimen pluviométrico

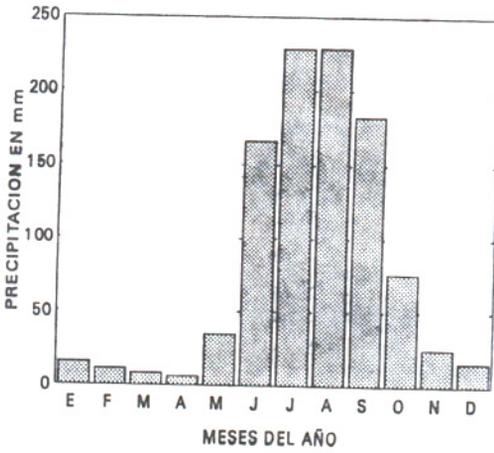
Si bien Reyna (1990) había mencionado que los amarantos silvestres tienen un alto grado de adaptación a regímenes pluviométricos con lluvias todo el año, monzónico, de verano, de lluvias mal repartidas todo el año o hasta de invierno, en los sitios productores de semilla ahora analizados lo mismo en San Gregorio Atlapulco, D. F. (Gráfica C) que en Pátzcuaro, Mich. (Gráfica D) pasando por Tulyehualco, D. F., Amilcingo, Mor. o San Miguel del Milagro, Tlax., su cultivo se da únicamente en el verano, aprovechando la lluvia caída de mayo a octubre, inclusive, y resistiendo aun la sequía de medio verano, a la que se hará mención posteriormente.

2.3 Probabilidades de precipitación (%)

Las probabilidades de que en los 51 sitios productores de amaranto o "alegría" se reciban de 436 a 1 953 mm o más de precipitación, fueron del orden del 45 al 48%, esto indica que aun variando la lluvia de un año a otro, debido a que este cereal se siembra únicamente como de temporal, se le sigue cultivando en estas localidades ocupando superficies en donde probablemente otros cultivos pudieran tener problemas o pérdidas de producción por lo aleatorio de la precipitación.



Gráfica C. San Gregorio Atlapulco, D. F.



Gráfica D. Pátzcuaro, Mich.

2.4 Sequía relativa (%)

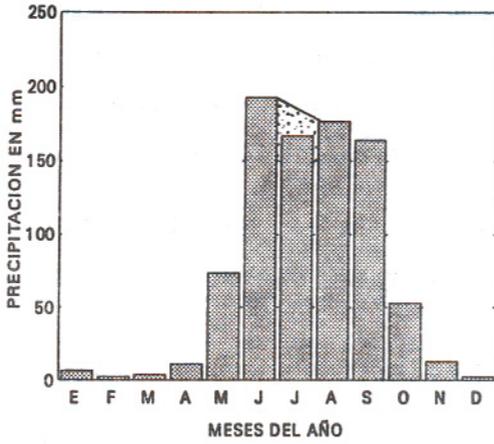
También conocida agrícolamente como sequía intraestival o más comúnmente como "canícula" y ya cuantificada en general para el país (Reyna, Rebollo y Flores, 1989) y ahora particularmente para las 51 localidades amaranteras siguiendo la misma metodología, se concluye que, en la gran mayoría de estas localidades, la disminución de la precipitación en el medio verano por lo general se da en julio y agosto, y alcanza intensidades que van desde menos de 10% en Huazulco, Mor., por ejemplo (Gráfica E), hasta 24 o 30% como en Zacapoaxtla, Pue. (Gráfica F), donde, sin embargo, el amaranto es tolerante o hasta resistente, cualidad que le infiere el ser una planta C₄, en tanto que otras que no lo son como el maíz, frijol y cacahuete, solo por mencionar algunas, se ven afectadas por estrés hídrico.

3. Precipitación y distribución de *Amaranthus* spp en México (Mapa 1)

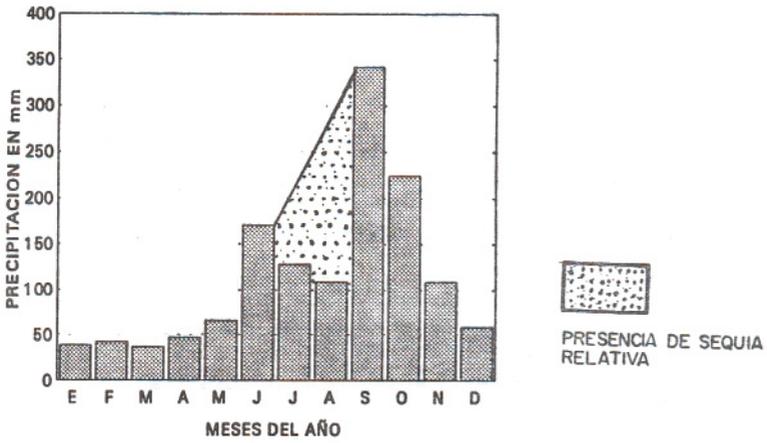
Al regionalizar la precipitación media anual y relacionarla directamente con la distribución y las formas en que se encuentra el amaranto en nuestro país, se detectó que como género tiene cobertura nacional ya que está presente en las 32 entidades federativas, así queda de manifiesto al apoyarnos en la revisión bibliográfica, en el material de herbario y en las colectas hechas en campo.

En las regiones más secas del país, localizadas en la península de Baja California, porción noroeste de la llanura costera del Pacífico y parte norte de la Altiplanicie Mexicana, donde coincidiendo con lo que consigna Vidal (1989), se reciben menos de 400 mm de precipitación, las formas dominantes del amaranto son las ruderales y arvenses y es sobre todo abundante *A. spinosus*.

Cabe mencionar que en Isla Tiburón, Son., donde la precipitación recibida es inferior a 150 mm, el amaranto se ha cultivado desde siempre y forma parte esencial de la dieta de los seris (Mapes, 1986).



Gráfica E. Huazulco, Mor.



Gráfica F. Zacapoaxtla, Pue.

También debe decirse que en el período 1991-1992 fue sembrado en forma experimental con todos los insumos agrícolas (riego, fertilizantes, etc.) un tipo genéticamente determinado de *A. hypochondriacus* en la zona de Constitución, B. C., obteniéndose un rendimiento de 5 000 kg/ha (M. Mendoza, com. per.).

Pero en resumen, puede decirse que en gran parte del norte del país donde la lluvia no es abundante, el amaranto en estos días no se encuentra ni siquiera semicultivado.

Es en las regiones que reciben de 600 a 800 mm o más de esta cantidad, donde su cultivo ha sido tradicional como en el caso de la Sierra Tarahumara, por ejemplo, en donde también ha tenido un lugar importante dentro de la dieta de esta etnia, o bien, en los últimos años se ha puesto interés en desarrollarlo como un cultivo alternativo, y generalmente acompañado con maíz y frijol, tal situación se ha venido dando en algunos años en regiones de Zacatecas, Nayarit, Guanajuato y Querétaro, solo por mencionar algunas entidades.

Y son definitivamente en la costa del Pacífico al sur del paralelo 22°N, en el sur de la Altiplanicie Mexicana, Región Centro, Cuenca de México (donde más tipos de amaranto se han cultivado), parte de la Península de Yucatán y parte de la Llanura Costera del Golfo de México, donde se reciben más de 800 mm de precipitación, las regiones en donde más se ha cultivado el amaranto, y también donde se encuentran más desarrolladas las otras formas como son las semicultivadas, ruderales y arvenses.

A mayores cantidades (más de 1 200 mm) las especies productoras de semilla parecen tener problemas (fungosis y pudrición de raíz entre otros) por el exceso de lluvia, pero sí se adaptan bien las consumidas como hortalizas, y a medida que aumenta la cantidad de precipitación (más de 2 000 mm) como en la llanura del Golfo de México es más común la presencia de las formas riparias.

Conclusiones

En México el género *Amaranthus* tiene cobertura nacional ya que sus diferentes formas: cultivadas, semicultivadas, ruderales, arvenses y riparias están distribuidas en áreas específicas, de todas las entidades federativas.

Las especies no cultivadas como *A. spinosus*, *A. powelli*, *A. palmeri*, entre otras, se desarrollan aun en zonas donde la precipitación es menor de 150 mm anuales, aunque también algunas especies y tipos (todavía no determinados) excepcionalmente se han estado cultivando en Isla Tiburón, Son., con muy escasa precipitación.

Semicultivado se encontró en más de diez entidades, teniendo un importante papel dentro del huerto y la dieta familiar, en zonas donde se reciben desde 200 y hasta más de 2 000 mm de precipitación.

En tanto que las cultivadas productoras de semilla *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y muy escasamente *A. caudatus*, se adaptan y producen mejor con precipitaciones de 700 a 1 200 mm anuales, parecen ser estos los valores óptimos para su cultivo, pero serán los estudios detallados de temperatura y de suelos los que ayuden a definir con mayor precisión la regionalización para aumentar las superficies laborables de este cultivo.

Las especies dedicadas al consumo como hortaliza *A. hybridus*, *A. viridis*, *A. dubius* y *A. retroflexus*, solo por mencionar algunas, crecen abundantemente en sitios donde la lluvia es superior a 2 000 mm, donde también se desarrollan algunas riparias, aunque éstas son poco abundantes.

Por su enorme adaptación a tan diferentes valores de precipitación, se considera que especies y tipos seleccionados de *Amaranthus* son potencialmente cultivables tanto en las regiones semiáridas del país como en las húmedas.

Agradecimientos

A María Eugenia Esparza, Andrea Granjeno, Luz Ma. Tamayo y Gloria Alfaro por su colaboración en aspectos taxonómicos, estadísticos y logísticos.

Referencias

- Aguilar, J. y F. Alatorre (1978), Monografía de la planta *Amaranthus*, Grupo de Estudios Ambientales, A. C. I(I), México, pp. 157-203.
- Arzacoya, G. B., E. Espitia R. y P. Jiménez (1991), "El rescate del amaranto en la comunidad cora de la Sierra de Nayarit", en *Primer Congreso Internacional del Amaranto*, Oaxtepec, Mor., Méx. p. 19.
- Barrales D., J. S., R. J. García y H. C. Meztiza (1991), "Influencia de la precipitación pluvial sobre el desarrollo del amaranto", en *Primer Congreso Internacional del Amaranto*, Oaxtepec, Mor., México, p. 52.
- Caballero, J., S. C. Mapes, M. A. Martínez A., R. Bye, Z. L. Cortés y R. A. Cruz (1992), Plantas comestibles de uso tradicional con valor económico promisorio, en Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM, 2(IV) 8.4.D. (Mapa escala 1:8 000 000).
- Carlsson, R (1979), "Quantity and quality of *Amaranthus* grain from plants in temperate, cold and hot, and subtropical climates", en *Proceedings of the Second Amaranth Conference*, Rodale Press, Emmaus, PA., pp. 48-58.
- Cavagnaro, J. B. (1985), Effect of water stress on growth and dry matter partitioning in four species of *Amaranthus*, Thesis M. S. Graduate Division, University of California, 29 p.
- Covas, G. (1991), "Cuatro cultivares de amarantos graníferos (*Amaranthus* L. spp.) adaptados a las condiciones ambientales de la región semiárida pampeana de la República Argentina", en *Primer Congreso Internacional del Amaranto*, Oaxtepec, Mor., México, p. 31.
- Covas, G., y J. H. Pagella (1992), "Amarantos hortícolas deshidratados naturalmente, una agroindustria desarrollable a nivel familiar", en *II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de valor alimenticio: Quinoa y Amaranto*, S. S. de Jujuy, Argentina. Secr. de Cienc. y Tec. de la Nación, Subprog. Nal. de Cultivos Estratégicos, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina, p. 23.

- Daloz, Ch. (1979), "Amaranth as a leaf vegetable: horticultural observation in a temperate climate", en *Proceedings of the Second Amaranth Conference*, Rodale Press, Emmaus, PA., pp. 68-73.
- Espitia, R. E. (1986), "Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México", en *Memorias del Primer Seminario Nacional del Amaranto*, Chapingo, México. pp. 101-109.
- Estrada, L. E. (1991), "El Huauhtli (*Amaranthus* sp.) en el Códice Florentino", en *Primer Congreso Internacional del Amaranto*, Oaxtepec, Mor., México, p. 19.
- Feine, L. B. (1979), "An ethnobotanical observation and collection of grain amaranth in Mexico", en *Proceedings of the Second Amaranth Conference*, Rodale Press, Emmaus, PA., pp. 111-116.
- Gómez, L. F. (1986), "Cultivo del amaranto en México", en *Primer Seminario Nacional del Amaranto*, Chapingo, México, pp. 90-100.
- Grubben G., J. H. (1975), La culture de l' Amarante, légume-feuilles tropical, Avec référence spéciale au Sud-Dahomey, Hveenman & Zonen, Wageningen, pp. 44-153.
- Hauptli, H., R. L. Lutz y S. K. Jain (1979), "Germoplasm exploration in Central and South America", *Proceedings of the Second Amaranth Conference*, Rodale Press, Inc. Emmaus, PA., pp. 117-122.
- Hunziker, A.T. (1943), "Las especies alimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los indios de América", en *Revista Argentina de Agronomía*, 10(4), Buenos Aires, pp. 297-354.
- Hunziker, A.T. (1991), "Sinopsis de las especies silvestres de *Amaranthus* del Continente Americano, con especial referencia a las monoicas", en *Primer Congreso Internacional del Amaranto*, Oaxtepec, Mor., México, p. 22.
- Jain, S. K., K. R. Vaidya y B. D. Joshi (1979), "Collection and evaluation of Indian Grain Amaranths", en *Proceedings of the Second Amaranth Conference*, Rodale Press, Emmaus, PA., pp. 123-128.
- Mapes, C. (1986), "Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México", en *Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto*, Chapingo, México, pp. 65-76.
- Nabhen, G. P. (1979), "Amaranth cultivation in the U.S. Southwest an Northwest Mexico", en *Proceedings of the Second Amaranth Conference*, Rodale Press, Emmaus, PA., pp. 129-130.
- National Research Council (1984), National Academy Press, Washington, D. C.
- Reyna T., T. (1986), "Requerimientos climáticos para el cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp) en México", en *Primer Seminario del Amaranto*, Chapingo, México, pp. 81-89.
- Reyna T., T. y R. Granados R. (1987), "Estimación climática en Querétaro para la planeación del cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp)", en *Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto*, Querétaro, Qro., Gobierno del Estado de Querétaro, IDEAS, pp. 42-52.
- Reyna T., T. y M. Flores E. (1987), "Zonas climáticas potencialmente útiles para el cultivo del amaranto (*Amaranthus*) en el estado de Guanajuato", en *Memoria del Coloquio Nacional del Amaranto*, Querétaro, Qro., Gobierno del Estado de Querétaro, IDEAS, 30 p.

- Reyna T., T., G. Suárez R. y M. Cervantes S. (1989), "Amaranto (*Amaranthus L.*) en México", en *Revista del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*, año 1, núm. 3, INEGI, México, pp. 99-107.
- Reyna T., T., A. Rebollo P., M. Flores E. (1989), Intensidad de la sequía intraestival o sequía relativa, en Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM, 2(IV).5.1 (Mapa escala 1: 8 000 000).
- Reyna T., T. (1990), "Caracterización edafoclimática de las regiones potencialmente útiles para el cultivo del amaranto (*Amaranthus spp.*)", Reunión Anual del GIEIA, Ed. PUAL-UNAM, México, pp. 6-9.
- Reyna T., T. (1992), "Distribución e importancia del *Amaranthus spp.* en México", en *II Simposio Nacional de Cultivos Estratégicos de Valor Alimenticio: Quinoa y Amarantos*, S. S. de Jujuy, Argentina, Secr. de Cienc. y Tec. de la Nación, Subprog. Nal. de Cultivos Estratégicos, Universidad Nacional de Jujuy, Argentina, p. 24.
- Reyna T., T. (1994), "Distribución pluviométrica y usos de *Amaranthus* en México", en *VI Congreso Latinoamericano de Botánica*, Mar del Plata, Argentina, p. 480.
- Reyna, T., T. (en prensa), "Redescubrimiento del *Amaranthus* y sus nuevos usos en México", en *III International Conference on New Industrial Crops and Products*, IX International Conference on Jojoba and its uses, Catamarca, Argentina.
- Sánchez Marroquín, A. (1980), *Potencialidad agroindustrial del amaranto*, Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, México, 239 p.
- Sandoval, A. Z. (1989), *Amarantos y Chfas. Un estudio etnohistórico*, Tesis, INAH-SEP, México, 125 p.
- Sauer, J. D. (1950), "The grain amaranth: a survey of their history and classification", en *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 37, pp. 561-617.
- Sauer, J. D. (1967), "The grain amaranths and their relatives: A revised taxonomic and geographic survey", en *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 54(2), pp. 103-137.
- Spiegel, M. R. (1970), Serie de Compendios Schaum. *Teoría y problemas de estadística*, McGraw-Hill, México, pp. 85-86.
- Velasco L. A., M. L. y D. Heyden (1986), "El uso y la representación del amaranto en la época prehispánica según las fuentes históricas y pictóricas", en *Primer Seminario Nacional del Amaranto*, Chapingo, México, pp. 8-22.
- Vidal Z., R. (1989), Precipitación, en Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM, 2(IV) 4.6 (Mapa escala 1: 4 000 000).

REVISIÓN DEL GÉNERO *Amaranthus*

Herbarios Consultados	Colectas o información visual en entidades	Principales autores consultados*
<ul style="list-style-type: none"> - Herbario Nacional, Instituto de Biología UNAM, México, D. F. - L'Amagatall del Dr. José Vázquez Sánchez, Depositado en el Herbario Nacional, México, D. F. - Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. - Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México, D. F. - Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, México, D. F. - Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D. F. - Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM, Cuernavaca, Mor. - Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM, Cuernavaca, Mor. - Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México - Universidad de Colima, Tecomán, Col. - Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro, Querétaro, Qro. - Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, Yuc. - Instituto de Ecología, Jalapa, Ver. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja California - Baja California Sur - Sonora - Sinaloa - Nayarit - Jalisco - Colima - Michoacán - Guerrero - Chihuahua - Coahuila - Zacatecas - Aguascalientes - San Luis Potosí - Guanajuato - Querétaro - Hidalgo - Tlaxcala - Estado de México - Distrito Federal - Morelos - Puebla - Veracruz - Campeche - Yucatán 	<ul style="list-style-type: none"> - Arzacoya <i>et al.</i> (1991) - Caballero <i>et al.</i> (1992) - Espitia, R. E. (1986, 1991) - Gómez, L. F. (1986) - Mapes (1986) - Reyna (1986, 1990, 1992, 1994) - Reyna <i>et al.</i> (1987, 1987, 1989, 1989) - Sánchez Marroquín (1980) - Sandoval, A. Z. (1989) - Sauer (1950, 1967) - Vidal Z., R. (1989)

* Véase ficha completa en las referencias bibliográficas.