

I. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

1.1. El Chile: Caracterización y su Origen

Los restos más antiguos de la planta o fruto del chile (*Capsicum*), proceden del valle del valle de Tehuacán (México) y datan del año 5000-3000 a.C. Le llamaban chile o ají (Bortolotti *et al.*, 2002).

El género *Capsicum* consiste en aproximadamente 22 especies silvestres y cinco especies cultivadas; *C. annum*, *C. Baccatum*, *C. chinese*, *C. frutescens*, y *C. pubescens* (Bosland, 1994). Dentro de las cinco especies cultivadas, *Capsicum annum* L. es la más ampliamente conocida y la de mayor importancia económica (Pickersgill, 1969). El centro de origen y/o domesticación de *C. annum* fue en Mesoamérica, principalmente México y Guatemala (Pickersgill, 1971). La Tabla 1 muestra el origen de las diferentes tipos de especies domesticadas (Long 1986).

La taxonomía de la planta de chile corresponde al filo *magnoliphita*; clase, *magnoliopsida*; orden *solanales*; familia, *solanaceae*; y género *Capsicum*. La familia *solanaceae*, está formada por unos 90 géneros, los cuales se encuentran divididos en 2 subfamilias: Solanoideae y Cestroideae. La diferencia entre éstas se basa en los diferentes modelos de desarrollo del embrión, además de las diferencias morfológicas, químicas y citogenéticas. Para la primera familia el embrión está enrollado y es de diámetro uniforme. Para la familia Cestrídeae, el embrión es recto o ligeramente curvado. *Capsicum* es una de las tribus más grandes de la subfamilia Solanoideae, con 1250 especies, su taxonomía es compleja debido a la variabilidad de las formas existentes en las especies cultivadas y a la

Tabla 1. Especies de chile (*Capsicum*) y el país de origen.

ESPECIES DOMESTICADAS	PAÍS DE ORIGEN
<i>Capsicum annuum</i> var. <i>Annuum</i>	México y Guatemala
<i>Capsicum frutescens</i>	Cuenca del Amazonas
<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>Pendulum</i>	Zonas bajas de Bolivia
<i>Capsicum chinese</i>	Cuenca del Amazonas
<i>Capsicum pubescens</i>	Los Andes (Perú-Bolivia)

diversidad de los criterios utilizados en su clasificación. El género *Capsicum* en México representa una tradición cultural, ya que es común observarlo en la dieta básica diaria de los mexicanos (Nuez *et al.*, 1996).

1.1.1. Mercado Mundial del Chile

El chile es una especia que ha tenido un considerable aumento mundial de consumo en los últimos años. Mientras que desde hace siglos ha sido consumido principalmente en países en vías de desarrollo como los de Latinoamérica, África y Asia. El consumo en países como los de la unión europea y Estados Unidos ha ido en aumento, por una parte, debido a la gran cantidad de inmigrantes que lo demandan, y por otra parte, la población en general ha empezado a adicionar sabor a sus platillos con el chile o pimiento dulce, lo que ha abierto camino poco a poco a los chiles picosos.

Desde 1993, la producción mundial de chiles ha tenido un crecimiento del 48% de la superficie y duplicando los volúmenes de producción. Este aumento en la producción de chiles se debe a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones (fresco, seco y procesado), tanto para consumo directo como para usos industriales.

Según datos más recientes de FAOSTAT (2006) la superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1,696,891 hectáreas, con una producción de 25,015,498 toneladas. De 1993 a la fecha se observa un incremento del 40% en los rendimientos unitarios, debido al uso de nuevas tecnologías, obteniendo un promedio de 14.74 ton/ha.

De todo el mundo, China es el país que presenta una mayor participación en la producción de chile, con una superficie sembrada de

612,800 ha, con lo que representan un 36.5% de la superficie sembrada mundial, con una producción de 12,531,000 ton, ésto es más de la mitad de la producción mundial de chiles al año.

Actualmente, España, ocupa el primer lugar por su volumen exportado con más de 250 mil ton, seguido por México (229 mil ton), Holanda (220 mil ton) y EUA (62 mil ton). Mientras que España y Holanda dirigen sus exportaciones hacia la Unión Europea, México orienta sus exportaciones hacia EUA y Canadá. Por su parte EUA, dirige sus exportaciones a países latinoamericanos, Europa y Asia (www.conaproch.org). Respecto al valor de las exportaciones de chiles, sobresale Holanda a pesar del volumen menor que los de España y México, debido a que su cultivo es de invernadero con condiciones controladas, logrando cosechas con excelente calidad durante los meses invernales, con lo que se obtiene los mejores precios en los mercados internacionales. En la producción inversa se encuentra China, que con un 4% del volumen mundial de exportaciones, representa únicamente el 1% del valor económico.

México ocupa el segundo lugar en volumen de producción y el tercero en superficie cosechada, con 140,693 ha y 1,853,610 ton respectivamente, participando con el 8% del área y el 7% de la producción mundial en toneladas (Tabla 2).

Alemania y EUA son los dos países con una mayor participación en las importaciones, representado entre ambos el 43% del volumen y el 46% de las importaciones mundiales. Les siguen Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá (Conaproch, 2007); quienes representan el 70% del total de las exportaciones. En su mayor parte importan los tipos de chile no picantes o dulces, utilizando parte para consumo y parte para procesarlo antes de exportarlo como producto envasado (SAGARPA, 2003).

Tabla 2. Principales países que producen chile a nivel mundial (Conaproch, 2007).

País	Área (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (Ton)
Algeria	20,000	10	200,000
Argentina	6,117	20.43	125,000
Australia	2,838	1984	56,319
Bulgaria	20,000	8	160,000
Chile	3,750	17.07	64,000
China	612,800	20.45	12'531,000
Corea del Norte	70,000	6	420,000
Corea del Sur	26,000	2.31	60,000
Cuba	9,000	10.22	92,000
Egipto	29,000	15.86	460,000
España	22,500	42.36	953,200
Estados Unidos	34,400	28.42	977,760
Ghana	75,000	3.6	270,000
Grecia	3,800	21.12	80,300
Holanda	1,200	262.5	315,000
Hungría	4,000	28.75	115,000
India	5,500	9.18	50,500
Indonesia	173,817	5.01	871,080
Irán	4,000	26.25	105,000
Israel	2,300	51.3	118,000
Italia	14,038	26.9	377,598
Japón	3,700	41.89	155,000
Kazajstán	4,000	19.25	77,000
Macedonia	7,500	14.67	110,000
Marruecos	6,569	27.76	182,340
México	140,693	13.17	1'853,610
Nigeria	91,000	7.91	720,000
Perú	7,500	8.13	61,000
Rumania	19,000	12.47	237,000
Serbia	21,000	8.33	175,000
Sri Lanka	15,000	3.33	50,000
Túnez	20,000	12.85	257,000
Turquía	88,000	19.83	1'745,000
Ucrania	15,000	8.93	134,000
Venezuela	5,000	17.6	88,000
Otros países	112,869		768,791
Total	1,696,891		25'015,498

Los precios de venta de los chiles dependen en gran medida del tipo y la calidad, así como la disponibilidad según la época de cosecha.

1.1.2. Producción de Chile en México

México se destaca a nivel mundial por tener la mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum*, que ha dado origen a un gran número de variedades o tipos de chiles, entre los que destacan el serrano, jalapeño, chilaca (pasilla cuando esta deshidratado), Marisol (guajillo cuando esta deshidratado) y pimentón.

Entre los cultivos hortícolas, el cultivo de chile es el más importante a nivel nacional. Actualmente se produce chile en cada uno de los 32 Estados que conforman la República Mexicana. Los principales estados productores son: Chihuahua, Sinaloa, Guanajuato, Zacatecas; los cuales en conjunto cultivan el 50% de la superficie total nacional estimada de 120 mil hectáreas; obteniéndose el 60% de la producción nacional (<http://www.scrib.com/doc/16619403/capsicum-annuum>). La Tabla 3 muestra los principales Estados productores de chile en México.

México es la región del mundo donde hay el número mayor de variedades de chile, las cuales dependen de la región (Figura 1). Debido a sus condiciones climáticas y tecnológicas se dividen en tres grandes zonas.

Región Norte y Noroeste

Se caracteriza por una alta tecnología. Por lo general tiene buenos rendimientos y productividad en base a la adopción de buena tecnología, tiene condiciones ambientales estables y canales de comercialización adecuados. En esta región sobresalen los estados de

Tabla 3. Estados productores de chile en México
(FAOSTAT, 2006).

Principales Estados productores de chile en México (Verde y Seco)	Hectárea
Aguas Calientes	1,031
Baja California Sur	2,188
Campeche	6,113
Chihuahua	20,230
Durango	6,915
Guanajuato	6,991
Hidalgo	2,204
Jalisco	4,775
Michoacán	3,030
Oaxaca	2,562
Puebla	2,296
Quintana Roo	2,036
San Luis Potosí	13,406
Sinaloa	11,636
Sonora	1,330
Tamaulipas	2,795
Veracruz	4,155
Yucatán	4,400
Zacatecas	39,123

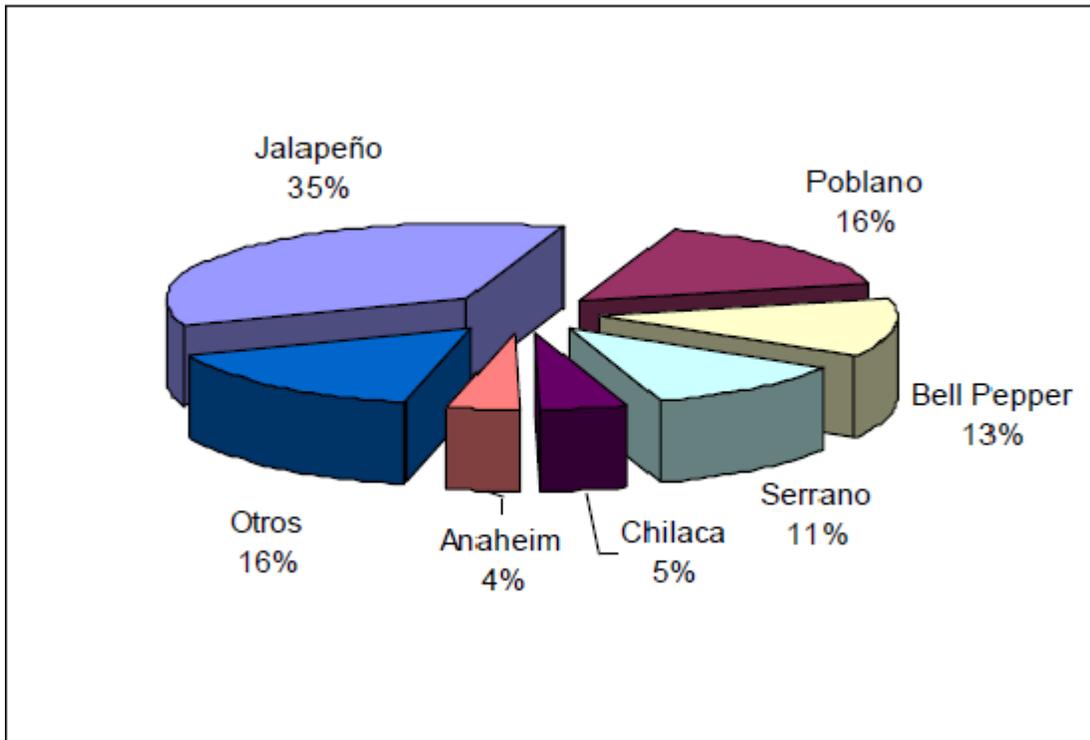


Figura 1. Principales chiles producidos en México (SIACON; SAGAR, 1998).

Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Nayarit, Durango, Baja California, Baja California Sur y Tamaulipas quienes producen chiles jalapeño, bell, serrano, cayenne, anaheim, caribe (güero) y ancho. Esta región está especializada en la producción de chiles frescos para el consumo directo o la industria del proceso.

Región Centro o Bajío

Mediana tecnología adecuada. Comprenden zonas tradicionales de producción de chiles para deshidratar (anchos mulatos, pasilla, puya, guajillo); aun cuando se observa un creciente interés de producir chiles frescos. Por lo general tienen tecnología de producción y métodos de secado tradicionales, lo que ocasiona que se tengan rendimientos bajos y productos de mala calidad. Los Estados comprendidos son Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro.

Región Sur y Sureste

Baja Tecnología. Los principales productos de siembra en esta zona son el Jalapeño, Costeño y habanero. Se siembra principalmente por medio de secano y humedad residual, lo que origina altos riesgos e inestabilidad en la producción. Comprende las regiones de Veracruz, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo. Algunos Estados han disminuido, su área sembrada o bien han permanecido estables; sin embargo, los rendimientos continúan siendo bajos y no compiten en mercados exigentes de productos de calidad.

El consumo de chiles por persona es mayor que el consumo de arroz y de papa. En el 2001 se registró un consumo *per cápita* de 8.7 kilogramos. Esto representa un incremento del 17.6% de 1980 a la fecha. El chile verde sigue siendo, junto con el maíz y el frijol, una

fuelle de alimentación para la población (http://www.conaproch.org/ch_situacion_nacional.htm).

1.1.3. Comercialización

El chile es una hortaliza que se cultiva en casi todo el país en los dos ciclos agrícolas, formando parte del grupo de los principales productos hortofrutícolas exportados. El 80% de la producción nacional se consume internamente. El volumen destinado a las exportaciones se mantiene relativamente constante desde 1998 y se concentra en pocas regiones aptas para la producción, con tecnología de riego y regularmente localizadas cerca al mercado estadounidense. Del volumen exportado en 2004 de 432,960 toneladas, la participación en Estados Unidos es del 85% del total exportado y el resto a Canadá. México, es el mayor proveedor de chiles frescos a Estados Unidos. Más del 95% del total de las exportaciones se realizan durante el periodo comprendido de diciembre a abril, época en que las producciones en Estados Unidos y Canadá son bajas y los chiles mexicanos pueden competir con ventaja. Los productos frescos más exportados consisten en chiles Bell y Jalapeños, siendo los principales Estados Sinaloa, que aporta el 85.6% de la producción, le siguen Sonora, con el 7%, Tamaulipas con el 3.4%, Nayarit con el 2.1% y el resto le corresponde a Jalisco (0.6%), Veracruz (0.5%), Baja California (0.4%) y Guanajuato (0.4%). Las exportaciones de chile verde representaron una aportación de 424'930,000 de dólares en 2003. La exportación de chiles deshidratados está limitada por la exigencia alta y severas sanciones con relación a las condiciones de inocuidad y seguridad, tanto en chiles enteros como molidos, ya que frecuentemente presentan residuos de pesticidas, fragmentos de insectos o roedores, debido al uso de sistemas artesanales y tradicionales en el secado y empaclado de los chiles. Las estadísticas de los últimos años muestran una marcada

tendencia a importar chiles secos y exportar chiles frescos. Los chiles secos importados en 2005 representaron el 85.55% del total de las importaciones, con 41,459.44 toneladas (<http://inforural.com>).

1.1.4. Producción de Chile en Sonora

El Estado de Sonora representa una gran potencia productora de chiles en México ya que ocupa el quinto lugar a nivel nacional. En este Estado las dos principales variedades de chile verde cultivadas son chile Bell con un 67%, el cual su mayoría es para exportación y Jalapeño con un 10% para el consumo nacional, entre otras especies como el chile pasilla, anaheim, dulce (Tabla 4).

Sonora se divide en cinco regiones las cuales son la región Noroeste, región norte, región centro, región sur “A” y región sur “B”, de las cuales las últimas tres son las de mayor importancia por ser las que más aportan a la producción de chile verde.

Región Centro

Esta región comprende a los municipios de Hermosillo, Bahía de Kino, Guaymas principalmente. Aporta el 10% de la producción estatal de chile, en la cual se cultivan las variedades Bell y Jalapeño por medio de la técnica de riego presurizado.

Región Sur “A”

Esta región está comprendida en su mayoría por el municipio de Cajeme, el cual aporta el 52% de la producción de chile verde, las principales variedades cultivadas son de chile Bell, jalapeño y cayeme, los cuales son cultivados por la técnica de riego rodado.

Tabla 4. Principales especies y variedades cultivadas en Sonora (SAGARPA, 2003).

Especie	Región y/o Localidades	Variedad	Ciclo cultivo (días)	Densidad Siembra(kg/ha)	Modalidad	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
Chile Ancho	Valle del Yaqui y Mayo	Esmeralda Verdeño	90-120 90-120	2.0-2.5	riego	1 Oct-15 Ene	1 Marzo -15 Jul
Chile Dulce	Región de Caborca	California Wonder 300-80 Giant No. 3 Keystone Resistance	90-120	2.0-2.5	Riego	1 Feb-30 Abr	30 Jul-30 Nov
	Valle del Mayo (Huatabampo)	Giant 4 Giant Yolo Wonder	90-120	0.5-0.6(α)	Riego	1 ago -31 ago (β) 1 Jul-10 Jul (χ)	25 nov-15 feb
Chile Dulce	Valle del Mayo (Huatabampo)	California Wonder 500 Keystone Resistant	90-120	0.5-0.6(α)	Riego	1 Jul-10 Jul (χ)	
Chile Dulce Bell	Valle del Yaqui y Mayo (Huatabampo)	California Wonder 300 California Wonder 500 Captan	90-120	2.0-2.5	Riego	1 Oct-15 Ene	1 Mar-15 Jul
	(Huatabampo)	Gatorbelle Indra Keystone Resistant Mayata	90-120	2.0-2.5	Riego	1 Oct-15 Ene	1 Mar-15 Jul

Continuación...

Chile Pasilla	Valle del Mayo Valle del Yaqui	Apaseo Apaseo	90-120 90-120	2.0-2.5(χ) 2.0-2.5(χ)	Riego	1 Oct-16 Ene	1 Mar-15 Jul
Chile Picante	Región de Caborca	Anaheim Big jim Joe E Parker	90-120	2.0-2.5	Riego	1 Feb a 30 Abr (χ)	31 Jul-30 Nov
Chile Picante	Valle del Mayo (Huatabampo)	Anaheim Caloro Caribe College 64 Fresno Jalapeño M	90-120	2.0-2.5(χ) 0.5-0.6(α)	Riego	1 Feb a 30 Abr 1 Jul a 31 Ago	15 Oct-15 Dic 25 Nov-15 Feb
Chile Picante (Anaheim)	Valle del Yaqui y Mayo (Huatabampo)	Anaheim TMR- 23 Cologe 64 Pica II Sonora	90-120	2.0-2.5(χ)	Riego	1 Oct-15 Ene	1 Mar-15 Jul
Chile Serrano	Valle del Mayo (Huatabampo)	Tampiqueño 74 Chihuahua Tam-Hidalgo	100-120	2.0-2.5	Riego	1 Jul-31 Ago (β)	15 Oct-15 Dic
	Valle del Yaqui	Tampiqueño 74	100-120	2.0-2.5	Riego	1 Oct-15 Ene	1 Mar-15 Jul

1.1.5. Mercado Mundial de Chile Bell

La producción mundial de chile pimienta ha ido en aumento cada año, debido a que hay mayor demanda de dicho producto. El consumo *per cápita* a aumentado un 10% en todos los países, ya que muchos países lo están tomando encuentra como base de alimentación debido a sus propiedades alimenticias y medicinales. En la Tabla 5, se muestra la producción mundial del chile pimienta en un intervalo de cinco años (2003-2007), donde la producción se ha mantenido entre 24 y 27 millones de ton. Los datos obtenidos de la FAO indican que la producción del chile Bell, indiscutiblemente el mayor productor es China con un 52%, le siguen México con 7%, Turquía 6%, Indonesia 4% y España 4% (Tabla 6).

1.1.6. Producción Nacional de Chile Bell

México produce 1'853,610 ton de las cuales el 90% se destina para consumo interno del país y el 10% para exportación a países como EUA, Canadá y Centroamérica.

II. ANTIOXIDANTES

La vida de anaquel o estabilidad de los alimentos esta frecuentemente limitada debido a las reacciones tales como la degradación oxidativa de lípidos, las reacciones de Maillard (encafecimiento) y la retrogradación del almidón (Loliger, 1993).

Los antioxidantes son sustancias que cuando se encuentran presentes en los alimentos o en el cuerpo a concentraciones bajas comparadas con las de un sustrato oxidable, retardan o previenen la oxidación de dicho sustrato (Shahidi, 1997). Son un tipo de aditivos,