

Maíz I (*Zea mays*)

Iván Sánchez Ortega

Tutora

Elena Pérez-Urria Carril

Máster en Biología vegetal aplicada por la Universidad Complutense de Madrid.
Departamento Biología Vegetal I (Fisiología Vegetal) Facultad de Biología, Universidad Complutense.
c/ José Antonio Nováis 12. 28040 Madrid.
ivan.sanchezortega23@gmail.com elenapuc@bio.ucm.es

Resumen: El maíz es uno de los cultivos básicos más importantes y extendidos en todo el mundo. Constituye una de las fuentes principales de alimento de millones de personas, sobre todo en América y Asia. Se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo.

Palabras clave: Maíz. Teosinte. *Zea mays*. Cultivo.

ASPECTOS BOTÁNICOS Y TAXONÓMICOS DEL MAÍZ

El maíz es una planta monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones. Perteneciente a la familia de las Poáceas, de la tribu Maydeas, las especies del género *Tripsacum* son formas salvajes parientes del maíz, también con origen americano, pero sin valor económico directo (PALIWAL, 2001 a).

Al principio, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, como dos géneros separados, sin embargo, debido al estudio realizado por Reeves y Mangelsdorf en 1942 se los considera como un único género, basándose en la compatibilidad entre esos grupos de plantas y los estudios citogenéticos. Entre las Maydeas orientales existen diversos géneros como *Schleracne*, *Polytoca*, *Chionachne*, *Trilobachne* y *Coix*, siendo este último el único que tiene cierta importancia económica en el sudeste de Asia. En general, solo *Zea mays* se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las Maydeas (PALIWAL, 2001a). Su clasificación taxonómica está bien estudiada (GBIF, 2013).

Reino Plantae

División Magnoliophyta Cronquist, Takhtajan y W.Zimmermann, 1966.

Clase Liliopsida

Orden Poales Small 1903

Familia Poaceae Barnhart

Género Zea Linnaeus, 1753

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (60-80 cm de altura), frondosa, con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares estando cada espiguilla con dos flores postiladas, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas. Las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina. La parte superior de la planta esta compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (Inflorescencia masculina en panícula dominante). La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y las anteras pudiendo ser verdosa o amarillenta. A lo largo del eje central las espiguillas se distribuyen de forma polística estando protegidas por dos glumas (superior e inferior). La lemma del flósculo estéril es ovada, membranosa, sin nervios, mientras que el flósculo fértil es orbicular, sin quilla. Ambas inflorescencias presentan espiguillas apareadas (PALIWAL, 2001 b; ECOCROP, 2007; KATO, 2009; CLAYTON, 2006; TAPIA y FRIES, 2007).

El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52 % de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la planta, mientras que el sistema nodular es el 48% de la masa total de raíces de la planta. La función de las raíces de anclaje es mantener la planta erecta para así evitar su caída. En cuanto a su sistema caulinar, cuando tienen tres hojas sobre la superficie son ya visibles las plántulas pero sus puntos de crecimiento aun están bajo tierra. El tallo formado presenta varias estructuras básicas denominada fitómero: meristemo apical, profilo, hojas e internudos. El tallo es simple, erecto, pudiendo alcanzar alturas entre 2 y 6 metros de altura, con numerosos nudos y entrenudos. Las panojas son las estructuras donde se desarrolla el grano en un número variable de hileras (12 a 16) produciendo de 300 a 1000 granos; en total, el grano constituye alrededor del 42% del peso seco de la planta. Hay distintos tipos de grano según los compuestos químicos que contenga (PALIWAL, 2001 b; FAO, 1993; KATO, 2009).

Las inflorescencias unisexuales crecen siempre en lugares separados de la planta. Al principio ambas inflorescencias presenta primordios de flores bisexuales pero, en ambos casos, los primordios de gineceos y estambres abortan y quedan solo las inflorescencias femeninas (mazorca, elote o choclo) y masculinas (espiguillas), respectivamente. La elección de un sexo u otra forma parte de una interacción entre determinantes genéticos, ambientales, giberelinas y hormonas de la planta. El desarrollo de la flor femenina es acropétalo desde la base hasta la parte apical. La polinización es anemófila, viajando los granos de polen distancias entre 100 y 1000 m (PALIWAL, 2001b; FAO, 1993; KATO, 2009).

El polen es trinuclear conteniendo numerosos granos de almidón y dos capas resistentes (exina e intina). Los estambres están cubiertos por tricomas abiertos reteniendo los granos de polen eficazmente. En general, la protandria no es verdadera ya que el gineceo madura y los estambres son receptivos antes de aparecer fuera de las hojas de cobertura (PALIWAL, 2001 b).

El fruto es indehisciente, cada grano se denomina cariósipide, no presentando latencia la semilla. El pericarpio está fundido con la testa de la semilla formando la pared del fruto. El fruto maduro consta de pared, embrión diploide y endosperma triploide. El pericarpio constituye alrededor del 5 a 6 % de peso total del grano, la aleurona en torno al 2 o 3 %, el embrión alrededor del 12-13%, y el endospermo, mayoritario, presenta unos valores en torno al 80-85%. El resto lo constituye la piloriza que es una pequeña estructura cónica encargada junto con el pedicelo de unir el grano a la espiga (PALIWAL, 2001b; FAO, 1993).

Comparando el maíz tropical con el de zonas templadas se observa que en el primero hay un mayor porte de los tallos y una mayor frondosidad de la planta, además de poseer una diferente orientación de las hojas. Por otro lado, el maíz tropical suele tener (salvo en algunas zonas altas como las de México) un solo tallo principal además de una menor productividad que el maíz de la zona templada. Su distribución es cosmopolita, localizándose en la mayor parte de las regiones del mundo salvo la Antártida o el Ártico. En África su presencia está restringida a la parte norte del continente (CLAYTON, 2006).

LA ESPECIE: PARTES ÚTILES, USOS

El maíz goza de gran importancia económica mundial ya sea como alimento humano, para el ganado o como materia prima de un gran número de productos industriales. Cerca del 40 % del maíz producido en los países tropicales se usa para la alimentación animal, concretamente para ganado y establecimientos avícolas (PALIWAL, 2001 c).

Una de las ventajas que presenta el maíz es que es el único cereal que puede ser usado como alimento en cualquier etapa del desarrollo de la planta. Por ejemplo, las espigas jóvenes del maíz que se cosechan antes de la floración de la planta tienen una buena utilidad como hortalizas. Las mazorcas se pueden tostar enteras y consumir al momento. Las mazorcas verdes del maíz común son también usadas a gran escala, tanto asadas sobre carbón o hervidas en agua con sal o cal, o sin ella. Cuando se cosechan las mazorcas jóvenes (mazorcas *baby*) o las mazorcas verdes, se obtiene un buen forraje. El maíz con los granos en estado pastoso es el más adecuado para usar como forraje ya que contiene más materia seca y elementos digestibles por hectárea que cualquier otro cultivo. Las mazorcas inmaduras y muy jóvenes se cosechan cuando los estambres están por emerger fuera de las hojas de cobertura o justo al poco tiempo de aparecer, pero siempre antes de que los estambres hayan sido polinizados.

Se usan frescas en ensaladas, para hacer sopas o envasadas en encurtidos. En África, las mazorcas se hierven en agua salada mientras que en Asia y América del Norte se hierven en agua y se consumen con mantequilla y sal. Hay muchos países en los que los granos hervidos de las mazorcas se comen aún calientes en el olote, o se secan al sol, se almacenan y se les da un posterior uso volviéndolas a hervir o calentándolas. En África oriental se extrae el jugo de granos frescos, se condimenta, se cuece, y se lleva a punto de gelatina. Esos granos frescos se usan para hacer sopas o para consumir como hortalizas, o bien son secados y envasados. Si se muelen dan una forma pastosa que se usa para hacer potajes o cocidos al horno, como ocurre en México o Venezuela. En muchos países desarrollados las mazorcas se utilizan cada vez más para la fabricación de piensos (PALIWAL, 2001 a, 2001 c; FAO, 1993).

Por otro lado, las mazorcas tiernas y dulces se consideran un manjar refinado que tiene múltiples formas de consumo. Hay que tener en cuenta la presión poblacional por lo que el desarrollo de nuevos modelos de producción más eficientes es necesario para poder responder a esa demanda poblacional. Un ejemplo de ello ocurre en Vietnam cuya intensidad de cultivo esta en torno al 270 %, dándose sobre todo en la zona norte del país, siendo el maíz uno de los principales cultivos con más intensidad de producción. El grano se utiliza en los alimentos, previa molienda en harina, con almidón y panes, pudiendo utilizarse maduro o no. Con la molienda se puede obtener una amplia variedad de productos intermedios, como por ejemplo sémola de partículas de diferentes tamaños, sémola en escamas, harina y harina fina, que a su vez tienen un gran número de aplicaciones en una amplia variedad de alimentos.

Los granos de maíz duro sometidos a altas temperaturas, ya sea en arena o en un recipiente, dan lugar a las palomitas, muy populares en todo el mundo. El pericarpio, aunque se utiliza básicamente como alimento, se considera también como fuente de fibra dietética. De forma fermentada ese grano se puede convertir de alcohol. Las gachas de maíz son muy utilizadas en África o América Latina, elaboradas a partir de granos remojados y empastados. Del maíznixtamalizado (maíz cocido en cal, remoción del pericarpio y posterior molienda) se puede extraer una masa que sirve para hacer "tortillas" o "tacos", entre otros productos. En Estados Unidos alrededor del 85% de la cosecha de maíz se utiliza para grano y ensilaje (la planta entera) destinado al ganado (PALIWAL, 2001 a, 2001 b; ECOCROP, 2007; FAO, 1993).

En el proceso de "molienda húmeda" se producen compuestos como el almidón de maíz y subproductos como gluten, el cual se utiliza como ingrediente alimenticio, mientras que el germen de maíz elaborado para producir aceite da como subproducto harina de germen que se utiliza como pienso. El almidón de maíz tiene diversos usos industriales. A partir del embrión se puede extraer el aceite y utilizarse como aliño de ensaladas. Frente al azúcar y otros productos de elevado consumo, se ha comercializado como edulcorante el denominado "jarabe de maíz" (ECOCROP, 2007; FAO, 1993; PALIWAL, 2001 c).

Hay que destacar la utilización de los residuos de maíz como fuentes de alimentación para rumiantes, entre otros usos. En Nigeria, los residuos constituyen alrededor del 25% de la energía total del alimento de piensos que consumen los rumiantes. Son de poca calidad nutritiva pero se dispone de ellos en una gran cantidad, aunque hay que tratarlos previamente debido a su elevado contenido lignocelulósico (ADEBOWALE, 1992). En la industria farmacéutica los estilos se han usado como diuréticos; el aceite de maíz, gracias a sus ácidos grasos poliinsaturados, tiene una acción hipolemiante y antiateromatosa. La fracción insaponificable de la semilla se suele emplear en la elaboración de dentífrico. La dextrina procedente de la hidrólisis parcial del almidón tiene aplicaciones dietéticas. Por otro lado, los estilos favorecen la eliminación urinaria de líquidos, en la prevención de litiasis y como coadyuvante en el tratamiento del sobrepeso (VANACLOCHA y FOLCARA, 2003).

Entre las acciones del aceite cabe destacar la prevención de hipercolesterolemias o arterioesclerosis; de manera tópica se usa contra eccemas secos, ictiosis, psoriasis y sequedad cutánea. La parte insaponificable presenta acción en las parodontopatías (VANACLOCHA y FOLCARA, 2003).

Por último cabe destacar el uso del maíz tropical como materia prima para la producción de bioetanol. Para ello se obtiene un jarabe de maíz tropical a base de azúcares y de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* a partir del cual se producirá bioetanol (CHEN, 2013).

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MAÍZ

Como se ha descrito anteriormente, hay muchas formas de utilizar las distintas partes de la planta del maíz, en base a que cada parte tiene diferente composición. La composición nutricional básica del grano de maíz se refleja en la tabla 1. El endospermo es básicamente almidón pero también posee algunas proteínas y trazas de aceites. La mayoría de los aceites se encuentran contenidos en el germen, el cual presenta un elevado contenido proteico. Por otro lado, los azúcares se encuentran almacenados en su mayor parte en el germen (PALIWAL, 2001 c).

El almidón (amilosa (25-30%) y la amilopectina (70-75%)) constituyen hasta el 72-73 % del peso del grano de maíz. Otros hidratos de carbono presentes son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano (FAO, 1993).

Composición (%)	Endospermo	Embrión
Almidón	87.6	8.3
Grasas	0.8	33.2
Proteínas	8	18.4
Cenizas	0.3	10.5
Azúcares	0.6	10.8
Resto	2.7	18.8
Materia seca (%)	83	11
Composición (%)	Pericarpio	Escutelo
Almidón	7.3	5.3
Grasas	1	3.8
Proteínas	3.7	9.1
Cenizas	0.8	1.6
Azúcares	0.3	1.6
Resto	86.9	78.6
Materia seca (%)	5.2	0.8

Tabla 1. Peso y composición de las partes del grano de maíz (Modificado de PALIWAL, 2001 c).

Aminoácido	Endospermo (1,36% de N)		Germen (2,32% de N)	
	mg%	mg/g N	mg%	mg/g N
Triptófano	48	38	144	62
Treonina	315	249	622	268
Isoleucina	365	289	578	249
Leucina	1024	810	1030	444
Lisina	228	180	791	341
Total azufrados	249	197	362	156
Fenilalanina	359	284	483	208
Tirosina	483	382	343	148
Valina	403	319	789	340

Tabla 2. Contenido de aminoácidos esenciales de las proteínas del germen y el endospermo del maíz (Modificado de FAO, 1993).

Tanto el germen como el endospermo representan el mayor porcentaje de peso del grano por lo que se puede decir que el contenido de aminoácidos esenciales (Tabla 2) refleja el contenido de aminoácidos de las proteínas del endospermo si tenemos en consideración todo el grano (FAO, 1993; VANACLOCHA y FOLCARA, 2003).

El aceite del grano de maíz se encuentra sobre todo en el germen y representa entre el 3 al 18 %. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados (11% de ácido palmítico, 2% de ácido esteárico), alto nivel de ácidos grasos poliinsaturados (24 % de ácido linoleico) y un 0,7 % de ácido linolénico.

La fibra dietética es el cuarto componente mayoritario localizándose fundamentalmente en el pericarpio y en la piloriza. La fibra insoluble está en mayor proporción que la fibra soluble, mientras que los granos enteros tendrán mayor cantidad de fibra que los granos descascarados. El fósforo y el potasio son los minerales más abundantes del grano de maíz. Contiene además dos vitaminas liposolubles, la vitamina E y la provitamina A (carotenoide). La mayor parte de los carotenoides se localizan en el endospermo duro del grano y en pequeñas cantidades en el germen, conteniendo β -caroteno en una proporción en torno al 20% del total de los carotenoides presentes en el grano, mientras que la criptoxantina equivale al 51 % del total de los carotenoides. La vitamina E se localiza en el germen, principalmente.

Las vitaminas hidrosolubles tienen una mayor abundancia en la capa de aleurona del grano, perdiéndose una buena parte a la hora de elaborar el cereal. En general debemos tener en cuenta que durante la maduración la composición química se modifica disminuyendo la cantidad de nitrógeno, fibra o ceniza (respecto al peso seco), aumentando por otro lado la cantidad de almidón y de extracto etéreo.

En el estilo podemos encontrar abundantes sales de potasio (no inferiores al 5%), flavonoides, fermentos, taninos, trazas de aceite esencial, alontoína, ácido salicílico (0,3%), lípidos, acompañados de esteroides como β -sistosterol. La fracción insaponificable de las semillas contiene esteroides: β -sistosterol, campesterol y α - y γ -tocoferoles. Las siguientes tablas muestran la composición comparando maíz blanco, maíz amarillo, pasta de maíz seca y pasta de maíz cocinado (Tablas 3, 4, 5, 6, y 7).

		MAIZ BLANCO	MAIZ AMARILLO	PASTA DE MAIZ SECA	PASTA DE MAIZ COCINADA
Nutriente	Unids.	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g
Agua	g	10.37	10.37	10.0	68.31
Energía	Kcal.	365	365	357	126
Energía	Kj	1527	1527	1494	527
Proteínas	g	9.42	9.42	7.46	2.63
Grasas totales	g	4.74	4.74	2.08	0.73
Ceniza	g	1.20	1.20	1.20	0.42
Carbohidratos	g	74.26	74.26	79.26	27.91
Azúcares totales	g	---	0.64		
Fibra total	g	---	7.3	11.0	4.8

Tabla 3. Composición nutricional general (USDA, 2013a, b, c, d).

		MAIZ BLANCO	MAIZ AMARILLO	PASTA DE MAIZ SECA	PASTA DE MAIZ COCINADA
Nutriente	Unids.	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g
Minerales					
Calcio (Ca)	mg	7	7	4	1
Hierro (Fe)	mg	2.71	2.71	0.98	0.25
Magnesio(Mg)	mg	127	127	125	36
Fósforo (P)	mg	210	210	266	76
Potasio (K)	mg	287	287	309	31
Sodio (Na)	mg	35	35	3	0
Zinc (Zn)	mg	2.21	2.21	1.88	0.63
Cobre (Cu)	mg	0.314	0.314	0.212	0.064
Manganeso(Mn)	mg	0.485	0.485	0.507	0.153
Selenio(Se)	g	15.5	15.5	8.3	2.8

Tabla 4. Composición de minerales (USDA, 2013a, b, c, d).

		MAIZ BLANCO	MAIZ AMARILLO	PASTA DE MAIZ SECA	PASTA DE MAIZ COCINADA
Nutriente	Unids.	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g
Vitaminas					
C (ácido ascórbico)	mg	0	0	0	0
Tiamina	mg	0.385	0.385	0.243	0.053
Riboflavina	mg	0.201	0.201	0.087	0.023
Niacina	mg	3.627	3.627	2.430	0.556
Ácido Pantoténico	mg	0.424	0.424	0.484	0.128
B6	mg	0.622	0.622	0.206	0.058
Folato, total	g	---	19	25	6
Ácido fólico	g	---	0	0	0
Folato, comida.	g	---	19	25	6
Folato, DFE	g	---	19	25	6
Licopeno	g	---	0	---	---
Luteína+Zeaxantina	g	---	1355	---	---
B12	g	0	0	0	0
A, UI	IU	0	214	170	57
A, RAE	g	0	11	9	3
Retinol	g	0	0	0	0
β-caroteno	g	---	97	---	---
α-caroteno	g	---	63	---	---
E	mg	--	0.49	---	---
K	g	0	0.3	---	---

Tabla 5. Composición en vitaminas (USDA, 2013a, b, c, d).

		MAIZ BLANCO	MAIZ AMARILLO	PASTA DE MAIZ SECA	PASTA DE MAIZ COCINADA
Nutriente	Unids.	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g
Aminoácidos					
Triptófano	g	0.067	0.067	0.053	0.019
Treonina	g	0.354	0.354	0.280	0.099
Isoleucina	g	0.337	0.337	0.267	0.094
Leucina	g	1.155	1.155	0.915	0.322
Lisina	g	0.265	0.265	0.210	0.074
Metionina	g	0.197	0.197	0.156	0.055
Cisteína	g	0.170	0.170	0.134	0.047
Fenilalanina	g	0.463	0.463	0.366	0.129
Tirosina	g	0.383	0.383	0.303	0.107
Valina	g	0.477	0.477	0.378	0.133
Arginina	g	0.470	0.470	0.372	0.131
Histidina	g	0.287	0.287	0.228	0.080
Alanina	g	0.705	0.705	0.558	0.197
Ácido Aspártico	g	0.655	0.655	0.519	0.183
Ácido Glutámico	g	1.768	1.768	1.400	0.493
Glicina	g	0.386	0.386	0.306	0.108
Prolina	g	0.822	0.822	0.651	0.229
Serina	g	0.447	0.447	0.354	0.125

Tabla 6. Composición de aminoácidos (USDA, 2013a, b, c, d).

		MAIZ BLANCO	MAIZ AMARILLO	PASTA DE MAIZ SECA	PASTA DE MAIZ COCIDA
Nutriente	Unids.	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g	Valor por 100g
Lípidos					
Saturados	g	0.667	0.667	0.290	0.102
C16:0	g	0.569	0.569	0.247	0.087
C18:0	g	0.075	0.075	0.033	0.011
Monoinsaturados	g	1.251	1.251	0.543	0.191
C16:01	g	0.004	0.004	0.001	0.001
C18:01	g	1.247	1.247	0.541	0.191
Poliinsaturados	g	2.163	2.163	0.924	0.325
C18:02	g	2.097	2.097	0.896	0.316
C18:03	g	0.065	0.065	0.028	0.010
Colesterol	mg	0	0	0	0

Tabla 7. Composición lipídica (USDA, 2013a, b, c, d).

En general, la diferencia más importante entre el maíz blanco y el maíz amarillo es la presencia en el segundo de β -caroteno, α -caroteno, luteína/zeaxantina y vitamina A, los cuales no se encuentran en el primero. Los carotenoides se encuentran sobre todo en el maíz amarillo mientras que el maíz blanco tiene cantidades ínfimas. Por otro lado, el maíz amarillo presenta una mezcla de seis a ocho carotenoides diferentes, que le otorgan su color característico (KURILICH y JUVIK, 1999).

EL ORIGEN DEL MAÍZ: FORMAS DE CONSUMO

Existe cierta controversia sobre el origen de la especie. Se considera que hubo un teocintle o teosinte, una especie parecida al maíz, que sufrió una transformación morfológica durante el proceso de domesticación, o que hubo una especie salvaje relativamente cercana al maíz desde la cual se originó la actual pues tiene todos los rasgos morfológicos esenciales estando ahora extinto (DOEBLEY, 1990). Dos de las teorías más importantes postuladas sobre este origen son la *teoría del maíz tunicado* propuesta por Saint Hilaire y la *teoría del maíz silvestre* (PALIWAL, 2001 d; ACOSTA, 2009). Según la *teoría del maíz tunicado*, el maíz se originó desde una variedad silvestre de maíz tunicado de Suramérica, siendo el denominado “teosinte” un híbrido natural de *Zea* y *Tripsacum*. Esta teoría fue rechazada al no contar con el apoyo citogenético suficiente. La *teoría del maíz silvestre* postula que la variedad salvaje de maíz era de Centroamérica y ahora está extinta.

Las tres especies divergen entre ellas mucho antes de que el maíz silvestre evolucionara hasta poder ser cultivado. Debido a que ese maíz silvestre no se ha encontrado, la teoría no tiene suficiente apoyo.

La [teoría tripartita](#) fue propuesta por Mangesdorf y Reeves que realizaron numerosas hibridaciones entre *Tripsacum* y el teocintle. Posteriormente, Iltis propuso la hipótesis de una mutación catastrófica en una especie silvestre de este género que dio lugar al maíz (ACOSTA, 2009). La teoría de teocintle domesticado ha sido la que mas éxito ha tenido en el ámbito científico ya que se basa en la existencia de selección natural y de mutaciones en ciertos loci importantes en las formas antiguas del teosinte, bajo el efecto de loci menores que han dado la especie actual, el teocintle anual mexicano (*Zea mays ssp. parviglumis*). Se acepta ampliamente que el teosinte es antecesor silvestre del maíz y que ha dado origen al maíz cultivado (DOEBLEY, 1990; PALIWAL, 2001d). Esa domesticación ha supuesto un aumento de la dominancia apical, aumentando los recursos en el tallo superior de la planta, lo que conlleva una disminución de las ramas axilares (DOEBLEY, 1997). El tga1 es un locus protagonista de la diferencia entre el maíz y el teosinte (PALIWAL, 2001 d).

Se empezó a cultivar hace unos 7.000 a 10.000 años (HALLAUER y CARENA, 2009). Una de las más antiguas evidencias sobre el origen del maíz se encuentra en unos restos arqueológicos situados en México en las que se encontraron unas mazorcas de maíz datadas en más de 5.000 años de antigüedad. El centro primario de

origen del maíz se ubica en Mesoamérica (entre las regiones montañosas de Guatemala y México), siendo los Andes Centrales el segundo centro de diversificación (TAPIA y FRIES, 2007; ACOSTA, 2009). Existen varias teorías a este respecto.

- La primera de las teorías enuncia un origen asiático del maíz; en ella, se postula que se originaría en el Himalaya, debido al cruzamiento de *Coix spp.* y algunas Andropógenas como *Sorghum*, ambos parentales con cinco cromosomas. La citogenética empieza a aportar estudios para apoyar que el maíz sea un anfidiplóide, aunque la teoría en sí no recaba mucho apoyo.
- La segunda teoría postula un origen andino del maíz. Se basa en el hallazgo de maíz de tipo reventón en América de Sur, y en la elevada diversidad genética de esa zona. Su inconveniente era que no se había hallado pariente alguno incluyendo teosinte del maíz, por lo que se descartó (PALIWAL, 2001 d).
- La tercera y más apoyada teoría enuncia el origen mexicano del maíz. En ella se postula que el maíz y el teosinte han coexistido desde hace mucho tiempo con una elevada diversidad. El más firme apoyo de esta teoría es el hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas de interés arqueológico. A pesar de todo, a día de hoy existen numerosas investigaciones sobre el origen del maíz (ACOSTA, 2009).

Una de las diferencias entre el maíz y el teosinte es que en el primero los granos están expuestos en la mazorca mientras que en el teosinte los granos están encastrados en frutos de envolturas rígidas. Por otro lado, ambos son homólogos o parcialmente homólogos, con unos 10 cromosomas. Se puede decir que los principales factores involucrados en la evolución inicial del maíz han sido la alta tasa de mutaciones y una liberación parcial de la presión de la selección natural debido a la intervención del hombre en su cultivo. Poco a poco, el maíz primitivo ha ido aumentando de tamaño dando una mazorca cada vez más grande durante más de 4.000 años de evolución (ACOSTA, 2009).

Desde México el maíz ha tenido una gran difusión; los exploradores europeos hacia finales del siglo X, lo llevaron a Europa a través de España, desde donde se difundió a climas más cálidos del Mediterráneo y de ahí a Europa septentrional. Colón lo descubrió por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492; los comerciantes portugueses lo llevaron a África a principios del siglo XVI; los comerciantes árabes y portugueses, a través de Zanzíbar, lo llevaron a Asia a principios de 1.500, aunque también es probable que se haya introducido mediante comerciantes que utilizaban la ruta de la seda por el Himalaya. En menos de 300 años se estableció como uno de los cultivos más importantes.

El cronista español José Acosta ha hecho referencia a las diversas formas de consumo del maíz indicando que los indígenas sudamericanos lo preparaban cocido, ingiriéndose a modo de sopa, en forma de arepas o tortillas, pasteles, bollos, tamales, en diversos guisos o tostado. También se utilizaba en la fabricación de bebidas a los

que los nativos de Perú llamaban chicha y sora. Estas bebidas eran muy antiguas, desde tiempos anteriores a la conquista española, formando parte de ceremonias y de diversos funerales incas que eran efectuados durante todo el año (CRUZ y ULLOA, 1973).

VARIEDADES DEL MAÍZ

El maíz, como todas las especies, presenta una considerable diversidad de tipos según varios criterios: la constitución del endosperma y el grano, su color, el ambiente de cultivo, la madurez y su uso. Los maíces más importantes en términos económicos son los de tipo harinoso, dentado y duro (PALIWAL, 2001 e). A nivel general se pueden distinguir seis razas originarias del resto de variedades del maíz: *Palomero Toqueño* (de la cual derivan todas las razas de maíz reventón), *Complejo Chapalote Nal-Tel* (antecesor de una gran cantidad de razas de México, Colombia y América Central), raza *Pira* (de la cual derivan todos los maíces duros tropicales de endospermo amarillo), raza *Confite Morocho* (de la cual derivan los maíces de ocho hileras), raza *Chullpi* (que dio lugar a los maíces dulces y amiláceos) y la raza *Kculli* (de la cual derivan todos los maíces con coloración de aleurona y pericarpio). Según la apariencia del grano y el endospermo (variación dentro del grano) hallamos la siguiente clasificación (PALIWAL, 2001e; ACOSTA, 2009).

- **Maíz duro** (*Zea mays indurata* St.): sus granos son redondeados y duros al tacto. El almidón de su endospermo es fundamentalmente vítreo y duro, presentando una madurez temprana y un menor rendimiento. Muy utilizados para alimento humano, para hacer fécula de maíz, o para alimentación animal. Presentan una amplia gama de colores y se entienden por un área de más de 30 millones de hectáreas en los trópicos.
- **Maíz reventón** (*Zea mays everta* St.): parecido al anterior pero con una mayor cantidad de endosperma duro. Los granos son redondos y oblongos, de pequeño tamaño. Cuando se someten a calor son capaces de explotar y producir las denominadas palomitas. Su siembra es a pequeña escala en los trópicos.
- **Maíz dentado** (*Zea mays indentata* St.): su nombre se debe a que tiene forma de diente. Es el más utilizado para grano y ensilaje. Al contrario que los anteriormente descritos, este tipo de maíz tiene más cantidad de endospermo blando, limitándose el duro sólo a ciertas partes del grano. Su endospermo está formado por almidón córneo cristalino. Su cultivo presenta un mayor rendimiento pero son más susceptibles que los duros a infecciones por hongos e insectos. Ocupa casi 30 millones de hectáreas en los trópicos. Los de color blanco se usan para alimentación humana mientras que los de color amarillo se usan para alimentación animal.

- **Maíz harinoso** (*Zea mays amilacea* St.): se distribuye por México y las zonas altas de la región andina. Uno de los maíces con mayor cantidad de almidón blando. Se usa para alimentación humana y para elaboración de bebidas y platos especiales. Presenta una amplia gama de colores siendo muy susceptible a patologías causadas por gusanos o insectos. En este grupo el maíz “Blanco Imperial” o “Blanco Gigante del Cuzco”, legado del imperio inca, se distingue por el gran tamaño del grano.
- **Maíz ceroso** (*Zea mays ceratina* Kul.): el nombre es debido a la cerosidad y opacidad de su endospermo. Su cultivo es muy local y limitado. Su almidón esta compuesto exclusivamente por amilopectina que proporciona su característica gomosa, parecido a la yuca.
- **Maíz opaco-2 y MPC:** contiene el doble de aminoácidos esenciales, sobre todo lisina y triptófano, dando un endospermo muy blando. Mediante cruzamientos se han acumulado genes modificadores que han dado un mejor rendimiento denominándose “maíz con proteínas de calidad” (MPC). Se cultiva en Ghana, Brasil, Sudáfrica y China.
- **Maíz dulce** (*Zea mays saccharata* St.): se cultiva para consumo de las mazorcas aún verdes, conteniendo una alta cantidad de azúcar. Posee un gen recesivo en el cromosoma 4 que impide la conversión de algunos azúcares solubles en almidón. No suelen cultivarse en zonas tropicales debido a su bajo rendimiento, solo algunas variedades e híbridos en el sudeste de Asia. De hecho, los maíces comunes cerosos y duros se cultivan por sus mazorcas verdes en base a los problemas que presentan los maíces dulces.
- **Maíz baby:** las mazorcas se cosechan en etapas tempranas y se utilizan para hortalizas, consumidas frescas o envasadas. Muy cultivados en los trópicos, sobre todo en Tailandia.

En México se encuentran 50 razas, siendo homólogas siete de ellas en Guatemala, seis en Colombia, cinco en Perú y dos en Brasil, lo cual es un argumento mas a favor de que México sea el centro de difusión (ACOSTA, 2001 e).

En España SÁNCHEZ-MONGE (1962) realizó un estudio sobre las variedades locales hallándose un total de 21 (Tabla 8), de más de 450 muestras analizadas, que representaban toda la geografía española a excepción de la costa norte y el noroeste (SINOBIAS y DÍAZ, 1999).

La domesticación del maíz supuso que la especie dependa totalmente del hombre, obteniéndose más de 3.000 razas. Cada planta requiere una cosecha individual dando unas características propias a cada mazorca (ACOSTA, 2009). La variedad transgénica del maíz MON 810 es la única que se cultiva en la Unión Europea, posee las autorizaciones necesarias para tal fin aunque no todos los países europeos lo han autorizado. Esta variedad, comercializada por Monsanto, tiene un gen extraído de

la bacteria *Bacillus thuringiensis*, insertado en la proteína Cry1Ab, que otorga resistencia frente al taladro del maíz (NOVILLO, 2003). España produce más del 90% del maíz MON 810 cultivado en Europa, teniendo una superficie de cultivo de más de ciento cuarenta mil hectáreas (ÁLVAREZ, 2014).

Nombre de la variedad	Localización de origen
Norteño Largo	Navarra, Cantabria
Hembrilla	Aragón, Valencia
Queixalet	Valencia
Basto x Rastrojero	Andalucía
Gallego x Vasco	Galicia, Asturias
Andaluz	Andalucía, Extremadura
Rastrojero	Aragón, Valencia
Andaluz x Basto	Andalucía, Extremadura
Enano Levantino x Hembrilla	Valencia, Murcia, Andalucía
Basto x Norteño Largo	Madrid, Extremadura
Hembrilla x Queixalet	Islas Baleares
Andaluz x Fino	Extremadura
Basto x Enano Levantino	Valencia, Islas Baleares
Fino	Madrid, Andalucía
Basto x Hembrilla	Salamanca, Andalucía
Basto x Blanco	Andalucía
Daxa x Enano Levantino	Andalucía
Basto x Daxa	Andalucía
Blanco	Valencia, Andalucía
Andaluz x Daxa	Valencia
Andaluz(A x C) C6	(Mejora de la raza Andaluz)

Tabla 8. Variedades españolas de maíz (Modificado de SINOBIAS y DÍAZ, 1999).

EL CULTIVO DEL MAÍZ

El cultivo del maíz se puede llevar a cabo entre el nivel del mar y los 4.000 m de altitud, entre las latitudes de 40° S y 48° N. Las plantas del maíz son de tipo C4. Factores perjudiciales para el cultivo son el exceso de humedad y la cantidad de granizo, además los vientos secos y calientes pueden producir un descenso de la disponibilidad de polen para la fertilización (ECOCROP, 2007).

Ese ambiente tropical se divide en varias categorías, según la altitud en la que se encuentren: I) 0-1.000 m de altitud (tierras tropicales bajas), II) 1.000-1.600 m de altitud (tierras tropicales medias), y III) 1.600 m o más (tierras tropicales altas). De estos tres tipos, el germoplasma subtropical se suele cultivar sobre todo en ambientes de altitud media; así pues, los genotipos de maíz serían: a) tropicales de tierras bajas (38 millones de hectáreas), b) subtropicales de tierras bajas y de media altitud (17 millones de hectáreas) y c) tropicales de tierras altas (6,5 millones de hectáreas) (PALIWAL, 2001 f).

En todo el mundo, según datos de 2012, el maíz se cultiva en unas 177 millones de hectáreas, produciendo unos 872 millones de toneladas, con un rendimiento de 49164 Hg/Ha (FAOSTAT, 2012). Son muchos los países que se dedican al cultivo del maíz, siendo los que más cantidad producen Estados Unidos, China, Brasil, México y Argentina (Tabla 9). El maíz tropical se cultiva en 66 países, siendo importante económicamente en la mayoría de ellos. El rendimiento de cultivo del maíz tropical es algo más bajo que el del maíz templado, así como la productividad; en contra, el ciclo de cultivo en los países templados es mucho más largo. Hay alguna excepción, como el maíz cultivado en los trópicos durante el invierno, donde la productividad tropical se iguala mucho a la de las zonas templadas (PALIWAL, 2001 a).

PAÍS	PRODUCCIÓN (TONELADAS)
Alemania	4991000
Argentina	21196637
Austria	2351370
Brasil	71072810
Canadá	11703100
China	208130000
Egipto	8093646
España	4234600
Etiopía	6158318
Francia	15614100
Grecia	2009800
Hungría	4741500
India	21060000
Indonesia	19377030
Italia	8194600
Malawi	3618699
México	22069254
Nigeria	9410000
Pakistán	4631000
Paraguay	3079000
Rumania	5953352
Rusia	8212924
Serbia	3532602
Sudáfrica	11830000
Tailandia	4813000
Tanzania	5104248
Turquía	4600000
Ucrania	20961300
USA	273832130
Vietnam	4803196

Tabla 9. Producción de maíz en el mundo por países (Modificado de FAOSTAT, 2012).

Los principales factores que generan pérdidas durante la producción y la postcosecha son las pérdidas por sequía (17%), pérdidas por la infertilidad del suelo

(20%), pérdidas por enfermedades foliares (5%), pérdidas por la pudrición de la mazorca (5%), pérdida por barrenadores del tallo (18% o más), pérdida por insectos en postcosecha (10-20%) o pérdidas por plantas parásitas del género *Striga* (15%). Las plagas son un problema muy importante causando un gran perjuicio a los agricultores que no disponen de medios suficientes para combatirlas. Aun así, los gobiernos deben facilitar a los agricultores información y entrenamiento en manejo de plagas y en el uso de tecnologías como el silo metálico (GARCIA-LARA y BERGVINSON, 2007).

La cosecha implica diferentes fases, incluyendo cosechado, procesamiento, secado, limpieza, separación por tamaño, fungicidas/insecticidas, embolsado y almacenamiento (PALIWAL, 2001 g). El ciclo de cultivo es de 150 a 190 días, recolectándose a los 5 meses de sembrar, en torno al mes de septiembre, aunque puede prolongarse hasta enero en función de la climatología principalmente. Cuando el grano se encuentra entre la etapa “lechosa” y “pastosa”, se espera alcanzar el máximo rendimiento de la cosecha ya que el grano muestra un 75 % de su materia en forma sólida. Al formarse la capa negra en el punto de inserción del olote, la semilla alcanza su madurez fisiológica y es el mejor momento para cosechar (PALIWAL, 2001g; ASHBELL y WEINBERG, 2001). En ese momento la humedad de las semillas está en torno al 35 %, pero se debe demorar la cosecha para reducir esos valores de humedad a un grado en torno al 25 %. Hay que dejar una buena circulación de aire para poder secarlas y separar bien las mazorcas masculinas de las mazorcas femeninas. Posteriormente se sigue reduciendo la humedad a menos del 15% para poder desgranar, procesar y secar por diversos métodos hasta llegar a un 12 % de humedad tras lo cual se procede a almacenar (GRANADOS, 2001; PALIWAL, 2001 g).

El almacenamiento es importante para reducir la pérdida de calidad de la semilla, siendo necesario controlar la humedad relativa y la temperatura. Las instalaciones han de mantener los granos frescos y secos para protegerlos de roedores e insectos y usar adecuadamente los insecticidas y fungicidas que se utilizan.

Las condiciones de cultivo también son importantes. En los climas templados, el maíz presenta una temperatura óptima de germinación entre 21 y 26 °C, debiendo estar siempre por encima de los 10°C. También la falta de humedad puede provocar excesivas pérdidas de cultivo y afectar a la polinización (MAGRAMA, 2013).

A pesar de requerir condiciones de elevada humedad, el maíz no tolera bien los encharcamientos. El lecho de siembra ha de ser lo más uniforme posible, con una profundidad en torno a los 2-2,5 cm. Prefiere suelos algo arenosos, con un pH ligeramente ácido (entre 6-7), aunque tolera pH algo más extremos. Los suelos requieren 25 mm de agua por semana en época de crecimiento, mientras que para la formación de la mazorca se requieren 40 mm (MAGRAMA, 2013). La cantidad de nutrientes, sobre todo de nitrógeno, es muy importante para el rendimiento del cultivo. Se debe asegurar una elevada cantidad de nitrógeno en el momento de la floración para poder asegurar un mayor rendimiento. Sin embargo, por encima de cierta cantidad de nitrógeno en el suelo, se puede provocar una disminución de la cantidad de maíz producido (DOMÍNGUEZ, 2001).

Por otro lado, los suelos tropicales tienen un contenido de materia orgánica mas bajo que los suelos de ambientes templados debido al menor rendimiento de los cultivos, a la elevada tasa de descomposición de residuos y, sobre todo, a las elevadas temperaturas que inciden en los trópicos. Sólo hay algunas excepciones como los ultisoles o los oxisoles rojos, ricos en carbono orgánico. El agua, al ser un factor limitante, es causa del menor rendimiento de los cultivos (VIOLIC, 2001). Los cultivos tropicales requieren al menos un 60 ó 70% de humedad en el suelo y unas precipitaciones en torno a 350-400mm durante el periodo de crecimiento para conseguir un cultivo aceptable. La mayor parte del agua que consiguen proviene de la lluvia que cae durante el ciclo de cultivo (precipitaciones pluviales), de la irrigación y de la humedad almacenada en el suelo antes de la siembra (VIOLIC, 2001). Podemos encontrar diversas formas de labranza del maíz como se detalla a continuación (Tabla 10).

SISTEMA DE LABRANZA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Arado vertedera	Prepara una buena cama de semillas Excelente para incorporar residuos de cultivos	No controla la erosión Puede dañar el suelo Alta pérdida de humedad Depende de condiciones climáticas
Arado tirado por animales	Permite preparación de pequeñas parcelas Posible control de malezas	No controla la erosión Requiere animales de tiro fuertes Depende de condiciones climáticas
Azada de mano	Permite preparación de pequeñas parcelas	No controla la erosión
Rastra excéntrica	Buen control de la erosión Buena incorporación de residuos	Alta pérdida de humedad del suelo Necesaria alta fuerza de tiro Penetra pocos cm en el suelo
Arado de cuchillas	Buen control de la erosión Buena incorporación de residuos	Alta pérdida de humedad del suelo Necesaria alta fuerza de tiro
Labranza cero mecanizada	Poca mano de obra Mejora estructura del suelo Máximo control de erosión Adecuado para suelos gruesos	No permite incorporar residuos Mayor dependencia de herbicidas
Labranza cero con palo sembrador	No requiere maquinaria Bajo coste Máximo control de la erosión Menos pérdida de humedad Mejor uso del agua	No permite incorporar residuos Mayor uso de herbicidas

Tabla 10. Sistemas de labranza del maíz (Modificado de VIOLIC, 2001)

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, 30(2).
- Adebowale, E. A. 1992. Maize residues as ruminant feed resources in Nigeria. *World Animal Review (FAO)*.
- Ashbell, G. y Weinberg, Z. G. 2001. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos, *Estudio FAO Producción y Protección vegetal* 161. pp. 111.
- Álvarez, L. R. 2014. 15 años de cultivo de maíz Bt en España: beneficios económicos, sociales y ambientales. *Fundación Antama*.
- Chen, M. H.; Kaur, P.; Dien, B.; Below, F.; Vincent, M. L. y Singh, V. 2013. Use of tropical maize for bioethanol production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(8):1509-1515.
- Cruz, S. y Ulloa, M. 1973. Alimentos fermentados de maíz consumidos en México y otros países latinoamericanos.
- Doebley, J. 1990. Molecular systematics of Zea (Gramineae). *Maydica*, 35(2): 143-150.
- Doebley, J.; Stec, A. y Hubbard, L. 1997. The evolution of apical dominance in maize. *Nature* 386: 485-488.
- Domínguez, G. F.; Studdert, G. A.; Echeverría, H. E. y Andrade, F. H. 2001. Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada en maíz. *Ciencia del suelo*, 19: 47-56.
- FAO.1993. El maíz en la nutrición humana. *Colección FAO: Alimentación y Nutrición* 25.
- FAO.2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030: informe resumido. *World agriculture: towards 2015/2030: summary report*. Agriculture mondiale: horizon 2015/2030: rapport abrégé. Roma (Italia)
- García-Lara, S. y Bergvinson, D. J. 2007. Tecnologías integrales para reducir las pérdidas en postcosecha de maíz en el Estado de México: Catalogo de presentaciones. México, DF (México). *CIMMYT. CONACYT. COMECYT*. Gobierno del Estado de México.
- Granados G. 2001. Manejo postcosecha. *En: Paliwal, R. L; Granados G.; Lafitte H. R.; Violic A. D, y Marathée J. P (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal* 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 315-320.

- Hallauer, A. R. y Carena, M. J. 2009. Maize. *Springer US* 3: 3-98.
- Junta de Castilla y León. 2012. El cultivo del Maíz. *Conserjería de Agricultura y Ganadería. Servicios de Estadística, Estudios y Planificación Agraria*.
- Kato, T. A.; Mapes, C.; Mera, L. M.; Serratos, J. A. y Bye, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. *Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.
- Kurilich, A. C. y Juvik, J. A. 1999. Quantification of Carotenoid and Tocopherol Antioxidants in Zea mays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5):1948-1955.
- Novillo, C.; Fernández-Anero, F. J. y Costa, J. 2003. Resultados en España con variedades de maíz derivadas de la línea MON 810, protegidas genéticamente contra taladros. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 29(3): 427-439.
- Paliwal, R. L. 2001 a. Introducción al Maíz y su importancia. *En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A.,D. y Marathée, J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 1-3.*
- Paliwal, R. L. 2001 b. Morfología del maíz tropical. *En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 13-19.*
- Paliwal, R. L. 2001 c. Usos del maíz. *En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée, J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 45-55.*
- Paliwal, R. L. 2001 d. Origen, evolución y difusión del maíz. *En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée, J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp.5-9.*
- Paliwal, R. L. 2001 e. Tipos de maíz. *En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée, J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 39-42.*

- Paliwal, R. L. 2001 f. Los ambientes de cultivo del maíz. *En*: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée, J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. *Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 57-60.
- Paliwal, R. L. 2001 g. Producción de semillas *En*: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée, J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. *Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 323-335.
- Sinobas, J. y Díaz, M. 1999. Relaciones entre diferentes razas de maíz españolas y dos sintéticos americanos. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.*, 14(1-2):5-14.
- Tapia, M. E. y Fries, A. M. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú*. Lima.
- Violic, A. D. 2001. Manejo integrado de cultivos. *En*: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H.R.; Violic, A. D, y Marathée J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. *Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.pp.247-290.
- Vanaclocha, B. V. y Folcara, S. C. 2003. Fitoterapia: Vademécum de prescripción. 4ªEd. Barcelona: *Masson*.336 pp.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- Burge, R. M. y Duensing, W. J. 1989. Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World* 34: 535-538.
- Reeves, R. G. y Mangelsdorf, P. C. 1942. A proposed taxonomic change in the tribe Maydeae. *Am. J. Bot.*, 29: 815-817.
- Sánchez-Monge E., 1962. Razas de maíz en España. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*.Madrid.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

- Clayton, W. D.; Harman, K. T. y Williamson, H. 2006. GrassBase-the online world grass flora.

<http://www.kew.org/data/grasses-db.html>.

ECOCROP (2007) Zea mays.

<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=2175>

FAOSTAT (2012). Agriculture Data. FAO, Rome, Italy.

<http://faostat.fao.org>

MAGRAMA (2013). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

<http://www.magrama.gob.es/app/materialvegetal/fichamaterialvegetal.aspx?idficha=1180>.

The Global biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01.

<http://www.gbif.org/species/5290052>

U.S.Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2013a. Corn, white, 20314.USDA National Nutrient Database for Standard Reference

<http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>

Recibido: 22 de octubre 2013.

Aceptado: 15 de diciembre 2014.