



Revista de Endocrinología y Nutrición
Vol. 21, No. 1 • Enero-Marzo 2013 • pp 42-51

Artículo de revisión

Genética y evolución de la alimentación de la población en México

Sonia Román,* Claudia Ojeda-Granados,* Arturo Panduro*

Resumen

La población de Latinoamérica, incluyendo México, guarda en su genoma el efecto de las adaptaciones evolutivas acordes a los alimentos y la cultura. Desde tiempos prehispánicos, los mexicanos desarrollaron una dieta tradicional en donde el maíz y el frijol aportaron los aminoácidos esenciales para la síntesis de proteínas, así como el almidón resistente, el cual es protector contra el cáncer. La fibra soluble del nopal favoreció una buena homeostasis de la glucosa y los lípidos. Con los quelites se seleccionó el alelo 677T del gen MTHFR con menor actividad enzimática y los aceites omega-3 y 6 de las semillas de calabaza, la chía y el amaranto modulan la respuesta inflamatoria. La presencia del haplogrupo AVI del gen TAS38 tipo 2 favoreció el consumo del chile y verduras amargas, y el alelo C-13910 del gen LCT de la lactasa desalentó el consumo de la leche. Con el mestizaje genético y cultural después de la conquista se desfasó el equilibrio genético-ambiental ancestral; esto podría ser un factor de riesgo para el desarrollo de las enfermedades crónicas en la actualidad. Por ello, requerimos rescatar los alimentos tradicionales de la población mexicana, culturalmente moderna, pero que guarda en su genoma la memoria de su pasado ancestral.

Palabras clave: Genética, evolución, coevolución, alimentos, México, nativos, mestizos.

Abstract

The people of Latin America have a genome with evolutionary adaptations to food and culture. Since pre-Hispanic times, the Mexicans have developed a traditional diet based on corn and beans which provided the essential amino acids necessary for protein synthesis, as well as a resistant starch protective against cancer. Soluble fiber obtained from cactus plants provided a healthy glucose and lipid homeostasis. Edible green leaves quelites co-evolved with the 677T allele of the MTHFR gene with a reduced enzyme activity and pumpkin seeds, chia and amaranth provided essential omega-3 and omega-6 fatty acids that modulate the inflammatory response. While the presence of AVI haplogroup of the TAS38 type 2 receptor gene favored the consumption of chili and bitter greens, the C-13910 allele of the LCT gene discouraged milk consumption. After the Spanish conquest, the genetic and cultural admixture both shifted the balance between our genes and our ancestral environment, which may now place humans at risk for the development of chronic diseases. Therefore, the Mexican population even though culturally modern should strive to conserve the consumption of traditional ethnic foods that originally shaped their genetic history.

Key words: Genetics, evolution, co-evolution, food, Mexico, indigenous, mestizos.

* Servicio de Biología Molecular en Medicina. Hospital Civil de Guadalajara, «Fray Antonio Alcalde» y Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

Recibido: 23-Septiembre-2013 Aceptado: 26-Septiembre-2013

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/endocrinologia>

Abreviaturas:

AMY1: Gen de la enzima amilasa
 DHA: Ácido docosahexaenoico
 EPA: Ácido eicosapentaenoico
 FAD: Adenindinucleótido de flavina
 TAS38 tipo 2: Gen que codifica para el receptor del sabor 38 tipo 2

LAC: Latinoamérica y el Caribe
 LCT: Gen que codifica para la enzima lactasa
 MTHFR: Gen de la enzima metilenoetotetrahidrofolato reductasa
 UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Introducción

La región del continente americano designada por las Naciones Unidas (UNESCO) como Latinoamérica y el Caribe (LAC) abarca una extensión territorial de más de 20'000,000 km² y alberga, en la actualidad, cerca de 600 millones de habitantes, distribuidos en 41 países.^{1,2} La designación de «Latinoamérica» se debe a que hace referencia al uso predominante de los idiomas «romances» o «latinos», y de entre los que se destacan el español, el portugués y el francés.² En LAC están situadas ocho zonas de megabiodiversidad de las 19 que existen a nivel mundial y de entre las cuales destaca México.³ Asimismo, Latinoamérica es cuna del mestizaje occidental debido a la rica amalgama de raíces genéticas, como las amerindias, caucásicas y negras; también de la amplia variedad de alimentos en donde se distinguen las preferencias y aversiones icónicas, así como de su gran cultura alimentaria. Estos recursos conforman capitales naturales y culturales que deben considerarse patrimonios nacionales para asegurar la sustentabilidad de las generaciones futuras.

Desafortunadamente en las últimas décadas, la globalización, la pérdida de la biodiversidad, la preferencia por los alimentos industrializados en lugar de los alimentos étnicos tradicionales y la migración del campo a la ciudad han propiciado un cambio drástico en nuestro estilo de vida, de tal manera que en la actualidad existe un distanciamiento importante entre el grado de evolución del genoma del *Homo sapiens* y su medio ambiente ancestral. Esto ha ocasionado un efecto deletéreo en las condiciones de salud de la población, lo cual está asociado al incremento de la morbilidad y la mortalidad por causa de las enfermedades crónicas. Es por ello que en este trabajo se revisará la genética y evolución de la alimentación de las Américas, haciendo énfasis en la historia de la población mexicana para ejemplificar la importancia de conservar o recuperar los hábitos saludables de tipo alimentario y para que éstos sean más acordes a nuestro genoma latino.

Etapas históricas y evolutivas de la alimentación en las Américas con un enfoque en México**Etapas prehispánicas de las Américas**

Aunque en los anales de la historia mundial atribuimos el descubrimiento de América –en el siglo XV– a Cristóbal Colón y otros europeos, en realidad fueron los grupos humanos de Asia cuando cruzaron el Estrecho de Bering y prácticamente no se detuvieron hasta llegar a la Patagonia.⁴ Dichas migraciones ocurrieron en la era geológica del pleistoceno, en una etapa de descenso del nivel de los mares debido a las glaciaciones (100,000 a 8,000 a.C.).⁵ El poblamiento de América se inició alrededor del año 40,000 a.C.;⁵ y ocurrió en varias olas migratorias en donde se desplazaron distintos grupos de nómadas, tal y como lo demuestra el patrón de distribución de los haplotipos del DNA mitocondrial.^{4,6} Éste fue el último capítulo de las grandes migraciones de la raza humana en el planeta (*Cuadro 1*).

Fueron numerosas las civilizaciones que se desarrollaron en LAC, conjuntamente con las de Norteamérica. No obstante, las de mayor trascendencia para el mundo latinoamericano, tanto por el número de habitantes, como por el legado genético y cultural que dejaron, fueron, sin lugar a dudas, el imperio azteca (1450-1550 d.C.) y maya (1500 a.C.-1100 d.C.) en Mesoamérica^{4,5} y el imperio inca en América meridional en los siglos XIV y XV.⁴ Estas civilizaciones fueron la cuna del nacimiento independiente en el nuevo mundo, pues desarrollaron un sistema agropecuario muy sofisticado de cultivo de plantas, domesticación de animales y uso de plantas medicinales; muchas de ellas fueron llevadas al viejo mundo tan pronto como se percataron los europeos de su existencia y del uso por parte de los grupos nativos. Con el desarrollo de la agricultura y la domesticación de ciertos animales para alimento y/o transporte se inició el estilo de vida sedentario de una muy numerosa cantidad de habitantes en distintas regiones de las Américas.

Etapa prehispánica en México: Base de la alimentación básica tradicional

En el contexto etnogeográfico, México cuenta con una larga y rica trayectoria de transformación de las características étnicas de la población, de los alimentos ingeridos y del contexto cultural en que son consumidos. Históricamente, los primeros indicios de agrupaciones humanas en territorio mexicano datan del año 35,000 a.C.^{5,7}

Con los cambios climáticos del holoceno, se extinguió la megafauna americana, lo que propició la cacería de animales más pequeños y la iniciación de los procesos de domesticación de la flora durante el mesolítico (etapa que va de los 10,000-7,000 años a.C.) continuando hacia el neolítico, también conocido como «edad de piedra nueva o piedra pulida» (5000- 2500 a.C.).⁷

En el proceso de poblamiento del territorio mexicano se distinguen dos regiones etnográficas importantes: Aridoamérica, al norte, y Mesoamérica, hacia el sur.^{5,8} En la región de Aridoamérica permanecieron los grupos humanos nómadas y seminómadas, cuyos representantes en épocas posteriores formaron parte de las naciones de la gran chichimeca.^{9,10} Por las características de la región, la dieta de los chichimecas debió haber sido semejante a la de sus antecesores humanos de la era paleolítica, lo que favoreció la adaptación hacia el gen ahorrador y por lo tanto hacia que la subsistencia en base a la caza y/o la pesca y la recolección.¹¹ Asimismo, con base en lo que conocemos hoy, la dieta debió ser rica en productos de la fauna y flora comestible de las zonas desérticas adaptadas para la aridez y la sequedad: nopal, maguey, tuna y mezquite.⁹

En la actualidad existen descendientes del grupo chichimeca en los estados de Coahuila, Guanajuato, Aguascalientes, Hidalgo, San Luis Potosí y el norte de Jalisco, con el grupo Wixárikas (huicholes).⁹

En cambio, otros grupos indígenas como los toltecas, olmecas, zapotecos, mixtecos y aztecas continuaron hacia Mesoamérica, asentándose principalmente en el valle de México y grupos como el de los mayas hasta la península de Yucatán.⁵ Los horizontes culturales de la historia de Mesoamérica van del año 2,500 a.C. hasta el 1521 d.C. con la conquista de México-Tenochtitlán por parte de los españoles.⁷ (*Cuadro I*).

En Mesoamérica se domesticó el chile, el aguacate y la calabaza (*Curcubita mixta*), seguido por el maíz (*Zea mays*), producto de la transformación genética del teosinte (*Zea mexicana*), así como el

frijol común (*Phaseolus spp.*) y la gran calabaza (*Curcubita pepo*),⁵ que son algunos de los ingredientes básicos de la alimentación tradicional mexicana,^{5,7} que comprendía además una rica variedad de frutas y otros productos de la tierra, como carne de guajolote, venado, perros pelones, iguana, rana, armadillo e insectos diversos, así como productos del mar y zonas lacustres.¹²⁻¹⁶

Etapa colonial en México: Mestizaje genético, alimentario y cultural

A partir de la conquista española, en 1521 d.C.; sobrevino una serie de eventos de carácter socio-demográfico y económico que dieron lugar a la explotación de los recursos naturales y de los recursos humanos, la enajenación de la cultura indígena y la imposición del estilo de vida europeo con las ya consabidas fatalidades, mermas y tragedias descritas en la historia.⁵ La transformación de la genética amerindia comenzó durante la época colonial con el mestizaje entre los españoles peninsulares con los nativos locales, después entre los criollos (hijo de español nacido en la Nueva España) y los nativos, así como entre los esclavos negros traídos de África.^{4,5} Durante los siglos XVI, XVII y XVIII se produjeron las sucesivas generaciones de «castas» con su consecuente «pool» genético; también se produjo un sistema social en donde se gestaron las inequidades sociales y económicas.¹⁷

A grandes rasgos, el resultado del mestizaje fue una distribución heterogénea de las características genéticas de la población mexicana, las cuales persisten hasta nuestros días; en esto observamos un gradiente creciente del linaje caucásico desde el centro hasta el norte del país y un gradiente creciente de raíz indígena del centro hacia el sur, y los rasgos africanos en las costas del Atlántico y el Pacífico.¹⁸ Sin embargo, es posible encontrar réplicas del amplio espectro de rasgos al comparar entre sí las frecuencias alélicas y genotípicas de poblaciones de las grandes ciudades y de la zona rural en regiones específicas. Tal es el caso de la región del occidente de México en donde la población mestiza tiene una mayor frecuencia de genotipos de ancestría caucásica en las zonas urbanas, en comparación con el área rural y/o indígena.¹⁹

Por su parte, los ingredientes de la comida prehispánica se vieron intensamente modificados, mas no eliminados, por la invasión del ganado vacuno, caprino, porcino y ovino, además de las gallinas, sus huevos y sus pollos; así como por los arroces, garbanzos, judías y lentejas, manzanas,

Cuadro I. Sinopsis de las etapas históricas y evolutivas de la alimentación en México.^{5,7}

Cronología	Grado de desarrollo/ Periodo	Etnias/Cultura/Evento	Alimentos básicos
40 000 -10 000 a.C.	Paleolítico tardío	Grupos de migración en América. Caza y recolección	Megafauna americana
10 000 a 7 000 a.C.	Mesolítico	Caza, pesca y recolección	Flora (raíces, frutos y cactáceas) y fauna mexicanas
7 000-2 500 a.C.	Neolítico	Domesticación de las plantas americanas	Maíz, calabaza, frijol y chile, aguacate, tomate
2 500 a.C.-200 d.C.	Periodo Preclásico	Cultura olmeca: Agricultura establecida	Productos agrícolas y carne de pescado, tortugas, venado y perros domésticos
200-650 d.C.	Periodo Clásico	Florecimiento y declinación de Teotihuacán en la cuenca de México.	Cultivo del maíz, frijol, chile, tomate y amaranto. Tamales, conejos, venados, patos, pescados e insectos
650-900 d.C.	Periodo Epiclásico	Florecimiento de cultura maya y zapoteca	
900 - 1521 d.C.	Periodo Post-clásico	Imperio Azteca en el altiplano y la conquista española	Desarrollo de la chinampa y milpa. Dieta tradicional mexicana
1521-1810	Colonial	Mestizaje genético entre caucásicos, indígenas y negros. Desarrollo de las castas y cimienta de la heterogeneidad genética	Cocina novohispana. Prohibición del amaranto, poco cultivo de la chía, y más de trigo y otros cereales, y de la caña de azúcar. Mestizaje alimentario con la introducción de nuevos ingredientes de Europa y Asia
1810-1910	Independiente	Castas. Prohibición de los productos españoles e introducción de la comida estilo francés.	Platillos regionales
1910-	Moderno	Mestizos y nativos mexicanos. Globalización y transición epidemiológica	Consumo de productos industrializados a cambio de la dieta tradicional mexicana

naranjas, melocotones y peras traídas por los españoles.²⁰ El campo se transformó para cultivar trigo y azúcar de caña y se generalizó el uso de la manteca de puerco y el aceite de olivo, así como se introdujeron los vinos y la destilación de los productos derivados del agave. A esto se añadió la influencia asiática proveniente de la nao de China que venía de Manila y que introdujo las hierbas y especies tan saboreadas en nuestros platillos. En esta etapa se inició la cocina novohispana, la cual se fraguó principalmente en las cocinas de los virreyes y en los conventos.^{17,21} (Cuadro I).

Etapas Independiente en México: Identidad nacional y gastronómica

En el siglo XIX, México dejó de ser una colonia española y se convirtió en un país independiente en 1829, separándose posteriormente de los actuales países de Belice y Guatemala que formaban parte de Mesoamérica. Durante esta época, la

alimentación mexicana ya se había transformado, pero recibió la influencia francesa, polaca y austro-húngara llegadas durante la época de Maximiliano (1864-1867).¹⁷ La gastronomía mexicana se manifestó en los mesones y posadas, los restaurantes al estilo europeo, las pastelerías y chocolaterías, los cafés y neverías y las cantinas y pulquerías.²² En esta misma época, una parte del territorio norte se anexó a los Estados Unidos (Texas, Nuevo México y California) para quedarse como se encuentra en la actualidad (centro geográfico: 23° latitud Norte, 102° longitud Oeste) (Cuadro I).

Etapas moderna en México: Inicio de la transición epidemiológica en salud

En 1910 estalló la revolución mexicana,⁵ la cual imprimió nuevos cambios en la sociedad, ya que eventualmente al no lograrse la reforma agraria se transformó la economía familiar, la cual estaba basada en la producción de bienes del

campo por un salario obtenido de la industria manufacturera; esto impulsó la migración de la población rural hacia las ciudades con el consecuente cambio en la dieta.²² A partir de 1960, la transición epidemiológica en el país comienza con la disminución paulatina de desnutrición y enfermedades infecciosas y el incremento en la morbilidad y mortalidad asociadas a la obesidad y las enfermedades crónicas.²³ Dicho cambio se aceleró debido a la apertura comercial de México en 1982, al ingresar a la economía globalizada con el Tratado de Libre Comercio, modificando el patrón de alimentación de los mexicanos.²⁴ Actualmente, México cuenta con alrededor de 118,000,000 de habitantes distribuidos en 32 estados, de los cuales alrededor del 88% son mestizos y el restante pertenece a alguna de los 62 grupos étnicos nativos.²⁵ (*Cuadro 1*).

En la población mexicana existe un grave problema de mala nutrición, pues un 70% de la población económicamente activa tiene sobrepeso y/o obesidad; esto lo hace el país número uno a nivel mundial con obesidad. Asimismo, el 76% de la población muere a causa de alguna enfermedad compleja, entre las cuales se encuentra la diabetes mellitus tipo II, la hipertensión, la enfermedad cardiovascular, la enfermedad hepática y el cáncer.²⁶

Dicho cambio también coincide con el hecho de que la población mexicana consume un 30% menos de verduras y frutas, 40% más de bebidas endulzadas y 10% más de carbohidratos que hace 15 años.²⁷

Aspectos evolutivos de la alimentación básica de la población mexicana

La esencia de los alimentos básicos que conforman la comida tradicional mexicana desde sus orígenes prehispánicos radica en la biodiversidad del país y en las relaciones coevolutivas que se han establecido entre las distintas especies, incluyendo a la población humana.²⁸⁻³⁰ De la región de Aridoamérica, destacan plantas como el nopal, tuna, biznaga y el mezquite, mientras que de la zona de Mesoamérica, la agricultura de la milpa es un buen ejemplo del cultivo simultáneo y tridimensional de productos.¹⁷ El maíz es el eje vertical por donde trepa el frijol que fija el nitrógeno al suelo por acción de las bacterias del género *Rhizobium*. En el plano horizontal se encuentran las calabazas y los quelites, útiles como alimento y para controlar, por distracción, a las plagas

que azotan los cultivos. En las orillas crecen los chiles, tomates, jitomates y otras plantas. Los insectos que llegan de cuando en cuando no son desperdiciados, sino atrapados para incorporarse a los platillos. Las propiedades nutricionales más sobresalientes de algunos de estos alimentos se resumen en el *cuadro II* para enfocarnos en el siguiente segmento en la interacción evolutiva de estos alimentos y su efecto en la salud de la población mexicana.

El nopal y su efecto hipoglucemiante

El nopal o *nohpalli* es una planta propia del paisaje mexicano y uno de los símbolos más importantes de la nacionalidad que contribuyó a lograr el asentamiento humano y desarrollo cultural en la época prehispánica. Se tiene registro de que los aztecas ya lo utilizaban con fines medicinales, como bebida, tinte o en prácticas mágico-religiosas, entre otros usos.³¹

La principal aplicación de los nopales es como alimento en diversas formas. Posee un alto contenido de agua, que es del 90 al 92.5%, pero su principal atractivo es la cantidad y tipo de fibra que contiene. Esta propiedad debió ser favorable, tomando en consideración que la dieta paleolítica se considera baja en carbohidratos simples y grasas saturadas y es más alta en proteínas y fibra, lo que favorece el fenotipo de la resistencia a la insulina y la gluconeogenesis.

En el actual ambiente de desequilibrio, el nopal -de la variedad *Opuntia ficus*- ha sido estudiado por sus propiedades hipoglucemiantes³¹⁻³³ y por su efecto para disminuir de manera significativa el colesterol sérico y triglicéridos; esto lo proporciona principalmente el consumo de nopal asado (al menos de 300-500 g/día).³⁴

Efecto del maíz y frijol en el genoma

El maíz mexicano tuvo su origen a partir del teocintle, pariente silvestre que fue seleccionado y mejorado por la mano de los prehispánicos y conservado por los campesinos modernos para dar lugar a no menos de 60 variedades de maíz en un lapso de 7,000 años.¹²⁻¹⁴ Los antiguos mexicanos tenían muy en claro la importancia de maíz para el mantenimiento del pueblo, ya que tanto el término náhuatl *tlaolli*, como del propio antillano, maíz, y el término científico *Zea mays*, tienen el significado común de ser «el grano-alimento de los dioses para el sostenimiento del hombre».³⁵

Cuadro II. Valor nutricional de los alimentos básicos mexicanos (Peso/100 gramos).

Nutriente	Nopal	Maíz	Frijol	Chile	Jitomate	Quelite	Calabaza	Amaranto	Chía	Aguacate	Cacao
Calorías	26	355	347	385	21	39	26	377	140.8	197	516
Proteínas (g)	-	8.3	21.2	11.5	1	4.8	1.9	12.9	7.1	1.4	16
Lípidos (g)	-	4.8	1.8	-	-	-	-	7.2	12	18.7	49.5
Saturados	-	0.6	-	-	-	-	-	-	6.8	4	274
Mono-insaturados	-	1.3	-	-	-	-	-	-	23.9	10.1	19
Poli-insaturados	-	2.5	-	-	-	-	-	-	15.6	3	1
Hidratos de Carbono (g)	5.6	69.6	61.5	62.7	4.3	4	4.3	65.1	3.8	5.7	21.1
Minerales (mg)											
Calcio	87	158	228	94	7	150	23	247	54	4	85
Magnesio	53	147	140	-	7	55	15	300	176	5	292
Potasio	313	284	1406	-	195	611	249	-	658	308	830
Sodio	4	-	24	-	6	20	-	-	383	16	4
Fosforo	18	235	407	-	11	-	32	500	-	7	-
Fierro	-	2.3	5.5	5.7	-	3.6	0.66	9	2.3	0.1	3.1
Zinc	-	210	2.79	-	-	-	-	-	2.9	0.7	-
Vitaminas (µg)											
A	130	18	-	1030	253	325	16	-	3	10	-
C	8	-	-	76	18	40	9	-	-	12	-
Niacina (mg)	-	-	1.7	5.3	-	-	-	1	2.8	2.9	0.6
Ácido Fólico (µg)	-	19	4	-	9	-	-	-	9	53	-
Fibra (g)	3.5	3.2	4.3	0.3	1.5	1.1	1.5	6.7	-	3.7	4.5

* Referencia principal. Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes. Ana Bertha Pérez Lizaur, Berenice Palacios González, Ana Laura Castro Becerra.

Esta metáfora mística de relacionar los alimentos con los dioses como algo indispensable para la vida, se cumple materialmente al saber que el maíz nos proporciona aminoácidos esenciales como la metionina, que no tiene el frijol, además de los hidratos de carbono complejos.

Por otro lado, un método tecnológico ideado por las mujeres de Mesoamérica fue la nixtamalización y la molienda del grano nixtamalizado que nos ha permitido aprovechar la leucina, niacina y el calcio. Preparado de esta manera, el consumo de maíz nixtamalizado nos protege contra la pelagra,³¹ de ciertos tipos de cáncer, como el de colon, debido al almidón resistente que contiene,³⁶ así como de cáncer de hígado, por su efecto destructor de las aflatoxinas que podría contener un maíz mal almacenado.³⁷ Estos factores protectores podrían perderse si se deja de consumir el maíz nixtamalizado.

El maíz lo podemos disfrutar de manera saludable en una variedad de presentaciones gastro-

nómicas, de las cuales se consideran al menos unas 700.¹⁶ Muchas de éstas son hechas a base de la tortilla, que es un símbolo emblemático de México porque es a su vez comida, plato y cuchara. Saborear un platillo a base de tortillas «hechas a mano» genera un profundo suspiro en todos los mexicanos, a través de las distintas tradiciones gastronómicas regionales.

Por otro lado, desde la milpa hasta el plato, el frijol o *ayocotl* es el compañero fiel por su sabor en muchos platillos a base de maíz. El frijol aporta proteína vegetal, cuyos aminoácidos esenciales complementarios al maíz son la lisina y triptófano y así promueve una adecuada síntesis de proteínas de alto valor nutricional.³⁸ También es fuente de hidratos de carbono complejos y su consumo regular beneficia la salud del intestino al generar un almidón resistente, similar al que nos da el maíz.

Los vestigios del efecto de la introducción del almidón en la dieta paleolítica proveniente del

maíz y el frijol podría haber modificado el perfil de expresión de las enzimas digestivas. Un marcador genético que se ha propuesto para observar dichos cambios evolutivos ha sido el número de copias del gen *AMY1* de la enzima amilasa y su concentración en la saliva. Estudios realizados en poblaciones que aún son cazadores-recolectores en la era moderna demuestran que éstos tienen un menor número de copias en el cromosoma 1p21.1 en comparación con las poblaciones que consumen los cereales derivados de la agricultura.³⁹ Asimismo, el incremento en la cantidad de carbohidratos en la dieta por el consumo de almidones posiblemente haya favorecido variantes alélicas asociados a trastornos metabólicos como la diabetes tipo 2 que se expresan en la actualidad.³⁹

El aporte de ácido fólico de los quelites y los polimorfismos del MTHFR

Otro componente complementario de la milpa desde los tiempos prehispánicos son los quelites o *quilitl*, término genérico que en náhuatl significa «hoja verde comestible».³¹

Actualmente, los quelites se han definido como plantas cuyas hojas, tallos tiernos y, en ocasiones, las inflorescencias inmaduras, son consumidas como verduras. Entre éstos se conocen papaloquelite, pipicha, quintonil, malva, epazote, chipilín, romeritos, chaya, guías de chayote, huauzontle y verdolagas.³¹

El alelo 677T del gen metilenoetrahidrofolato reductasa (MTHFR) codifica para una variante de la enzima que tiene una menor estabilidad estructural, menor afinidad por el cofactor FAD y una menor conversión del 5,10-metilenoetrahidrofolato a 5-metil tetrahidrofolato que es requerida en la vía de síntesis de ácidos nucleicos, pero cuyo defecto es compensado por un adecuado consumo de folatos.⁴⁰ De lo contrario, al consumir una baja cantidad de éstos, podríamos estar más propensos a desarrollar enfermedades cardiovasculares por el incremento de la homocisteína,⁴¹ o en el caso de las mujeres a concebir hijos con defectos del tubo neural o paladar hendido.⁴² Sin embargo, existen evidencias que el alelo 677T confiere una protección modesta contra el cáncer de colon cuando las condiciones de consumo de folatos son adecuadas.⁴¹

Alimentos ricos en aceites esenciales omega 3 y omega 6 y su acción antiinflamatoria

El ácido linolénico (omega-3) y ácido linoleico (omega-6) son ácidos grasos poliinsaturados esen-

ciales que han cobrado especial interés debido a sus propiedades pleiotrópicas a nivel biológico y fisiológico en distintas etapas de la vida. En general, los ácidos grasos omega-3 como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) se obtienen de los mamíferos marinos y peces azules, mientras que los omega-6 están en los aceites vegetales y las vísceras. Dichos ácidos grasos tienen un importante efecto modulador sobre la respuesta inflamatoria.^{43,44} De los alimentos mexicanos con cantidades importantes de dichos aceites, sin necesidad de ingerir los aceites extraídos de los cereales están las semillas de calabaza,³⁸ las tunas del nopal, la chía⁴⁵ y el amaranto.³¹ Este último, desafortunadamente cayó en desuso en la época colonial por su asociación a los ritos religiosos de los indígenas que fueron prohibidos por los españoles.³¹

El valor nutricional del chile y la tolerancia a su pungencia

En México existe una gran diversidad de formas, tamaños, colores y sabores de los chiles o *chilli*, pertenecientes a la familia de las solanáceas del género *Capsicum spp.* El *Capsicum annum L.* es la especie más común.⁴⁶ En la mesa, ningún platillo estaría completo sin su respectiva salsa a base de chile, suavizado con el sabor del tomate y del jitomate, aportando este último un poderoso antioxidante, el licopeno.³⁸ Después de la conquista, las salsas se enriquecieron con la cebolla, ajo y cilantro. Las salsas, moles y adobos a base de los diferentes chiles mexicanos se utilizaron para decorar y condimentar productos antes desconocidos como la carne de res y de puerco, acto que resultaba muy conveniente en una época de no-refrigeración, por sus propiedades bacteriostáticas.⁴⁷ Pero la interacción entre el chile y los mexicanos también tiene una explicación genética más allá de la costumbre. La tolerancia al efecto del capsaicina, ingrediente químico responsable de la pungencia del chile se ha asociado a los grupos humanos que expresan la variante alélica AVI (alanina, valina y isoleucina) del gen *TAS38* tipo 2 en la lengua y el paladar. Los portadores homocigotos del haplogrupo AVI del receptor del sabor gustaducina degustan el chile con una menor sensación «quemante» del mismo, que no sería el caso si fuese del haplogrupo contrario,²⁹ beneficiándose así de una muy rica dosis de vitamina A y C, mayor que la de los cítricos, aun cuando no existieron hasta la

llegada de los europeos. Asimismo, el haplotipo AVI también confiere tolerancia al sabor amargo de los glucosinolatos⁴⁸ presentes en el brócoli y la col, entre otras plantas, que se adaptaron al suelo mexicano y se incorporaron a la gastronomía mexicana durante la Colonia.

¿Necesitamos los latinoamericanos consumir productos lácteos?

La digestión de la leche en la etapa adulta es un claro ejemplo de la selección natural relacionado a los recursos nutricionales disponibles. En los humanos, al igual que en otros mamíferos, esta función es elevada en el recién nacido y disminuye rápidamente en el destete. Esto ocurre normalmente si se posee la variante alélica en la región del promotor del gen LCT de la lactasa que favorece la disminución de la enzima en el intestino delgado (alelo C-13910).⁴⁹ Interesantemente, los europeos poseen la variante alélica alterna T-13910 en la región mencionada que favorece la persistencia de la lactasa en la etapa adulta. Esta selección positiva que ocurrió alrededor de 5,000-12,000 años, indica que la persistencia a la lactasa surgió como respuesta a la innovación cultural del pastoreo del ganado vacuno asociado a la vida agrícola.^{49,50}

Esto explica por qué en la mayor parte de las Américas, incluyendo a México, encontramos cifras mayores al 50% del fenotipo de intolerancia a la leche,⁵¹ considerando primero que la población endémica de Mesoamérica nunca estuvo expuesta a los productos lácteos hasta después de la llegada de los europeos y que el alelo de la persistencia de la lactasa se introdujo después. El valor nutricional atribuido a la leche como un producto alimenticio indispensable en la actualidad fue cubierta satisfactoriamente con otros productos de la dieta tradicional mexicana (*Cuadro II*).

Conclusiones y perspectivas

Durante su trayectoria evolutiva, el hombre americano pasó de una dieta y ambiente propios de la era paleolítica hasta la etapa neolítica con la introducción de los almidones de los cereales y leguminosas favorecido por la gran biodiversidad del altiplano de México al mestizaje genético, alimentario y cultural de la postconquista. No obstante, la dieta tradicional mexicana es reconocida mundialmente en la actualidad como Patrimonio Intangible de la Humanidad,⁵² motivo por el cual

debemos reflexionar acerca de la importancia de conservar dichos alimentos en nuestra dieta y de no perder el equilibrio al cual nuestro organismo se adaptó fisiológica y genéticamente durante siglos como hemos ilustrado. Prueba de ello, es la alta prevalencia de morbilidad y mortalidad por las enfermedades crónicas asociadas al incremento de sobrepeso y obesidad en la población mexicana.

El efecto de la globalización internacional entre otros factores es una realidad difícil de combatir ante las tremendas campañas de mercadotecnia y publicidad que hacen las grandes industrias alimenticias al promover productos altamente calóricos y adictivos, desplazando así los alimentos tradicionales más naturales. Por otro lado, tampoco se debe promover la misma dieta para toda la población en general, sabiendo que existe la heterogeneidad genética, diversidad de alimentos y cultura alimentaria en el país.

Por lo tanto, la medicina genómica y la genómica nutricional requieren de orientar sus esfuerzos hacia una atención personalizada basada en las características de la población y apoyar el rescate de los alimentos tradicionales de la dieta del mexicano, culturalmente moderno, pero que en su genoma guarda memoria de su pasado. Asimismo, cada nación tendrá que redescubrir sus antecedentes históricos para planear los programas de seguridad alimentaria del futuro.

Bibliografía

1. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [Acceso el 20 de septiembre del 2013]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/worldwide/latin-america-and-the-caribbean/>.
2. EL Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) [Acceso el 20 de septiembre del 2013]. Disponible en: <http://lac.unfpa.org/public/cache/offonce/pid/2023>
3. Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad. [Consultado el 9 de septiembre del 2013]. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/>
4. Salzano FM, Bortolini MC. The evolution and genetics of Latin American populations. UK: Cambridge University Press; 2002.
5. Escalante GP. El México antiguo. In: Escalante GP, García MB, Jáuregui L, Vázquez JZ, Speckman GE, Garcíadiago J, Áboites AL. Nueva historia mínima de México. México: El Colegio de México; 2004.
6. Green LD, Derr JN, Knight A. mtDNA affinities of the peoples of North-Central, Mexico. *Am J Hum Genet.* 200; 66: 989-998.10.
7. García-Bárcena J. La cuenca de México. Etapa Lítica (30,000- 2000 a.C). Los primeros pobladores. *Revista de Arqueología Mexicana.* 2007; 15 (86): 30-33.
8. Vivó JA. Los límites biogeográficos en América y la zona cultural Mesoamericana. *Revista Geográfica.* 1943; 3: 109-131.

9. Fábregas Puig A, Nájera Espinoza MA, Esteva Febregat C. Continuidad y fragmentación de la gran chichimeca. Seminario Permanente de Estudios de la Gran Chichimeca. México: Universidad de Guadalajara; 2008.
10. Powell PW. La Guerra Chichimeca (1550-1600). México: Fondo de Cultura Económica; 1977.
11. Arroyo P. La alimentación en la evolución del hombre: su relación con el riesgo de enfermedades crónico-degenerativas. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2008; 65: 431-440.
12. M León-Portilla. Alimentación de los antiguos mexicanos. In: Alarcón Segovia D, Bourges Rodríguez H.. La Alimentación de los mexicanos. México: El Colegio Nacional; 2002: 13-24.
13. Matos Moctezuma E. La agricultura en Mesoamérica. *Revista de Arqueología Mexicana*. 2013; 19: 29-36.
14. Montúfar A. Domesticación y cultivo de plantas alimenticias de México. *Revista de Arqueología Mexicana*. 2013; 19: 42-47.
15. De Sahagun B. Historia general de las cosas de la Nueva España. México: Editorial Porrúa; 2006.
16. Dávalos Hurtado E: Alimentos básicos e inventiva culinaria del mexicano. México: Serie peculiaridades mexicanas; 2000.
17. Israel JI. Razas, clases sociales y vida política en el México Colonial 1810-1670. México: Fondo de Cultura Económica; 1980.
18. Rangel-Villalobos H, Salazar-Flores J, Dondiego R, Anaya-Palafox M, Nuño-Arana I, Canseco-Avila LM, Flores-Flores G et al. South to North increasing gradient of paternal European ancestry throughout the Mexican territory: Evidence of Y-linked short tandem repeats. *Forensic Sci Int Genet Genetic Supplement Series 2*. 2009; 33: 448-450.
19. Aceves D, Ruiz B, Nuño P, Roman S, Zepeda E, Panduro A. Heterogeneity of apolipoprotein E polymorphism in different Mexican populations. *Hum Biol*. 2006; 78 (1): 65-75.
20. Vargas LA. La alimentación de los criollos y mestizos en el México Colonial. In: Alarcón Segovia D, Bourges Rodríguez H. La alimentación de los mexicanos. México: El Colegio Nacional; 2002.
21. Curiel-Monteagudo JLI. Virreyes y virreinas golosos de la Nueva España. México: Editorial Porrúa; 2004.
22. Novo S. Cocina mexicana. Historia gastronómica de la Ciudad de México. México: Editorial Porrúa; 2010.
23. Rivera JA, Barquera S, Gonzalez-Cossio T, Olaiz G, Sepulveda J. Nutrition transition in México and in other Latin American countries. *Nutr Rev*. 2004; 62 (72): S149-S157.
24. Trapaga Delfin Y. Influencia de la apertura comercial en el patrón alimentario del mexicano actual. En: Alarcón Segovia D, Bourges Rodríguez H. La alimentación de los mexicanos. México: El Colegio Nacional; 2002.
25. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). [Consultado 30 de agosto del 2013]. Disponible en <http://www.inegi.org.mx>
26. Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS). [Acceso 30 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.sinai.salud.gob.mx/mortalidad/index.html> y <http://www.sinai.salud.gob.mx/indicadores/basicos.html>
27. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. [Consultado 30 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>
28. Eaton SB, Eaton III SB, Konner MJ, Shostak M. An evolutionary perspective enhances understanding of human nutritional requirements. *J Nutr*. 1996; 126: 1732-1740.
29. Nabhan GP. Por qué a algunos les gusta el picante. Alimentos, genes y diversidad cultural. México: Fondo de Cultura Económica; 2006.
30. Roman Maldonado SM, Panduro A. Genes, Alimentos y Cultura. En: Panduro A. Biología molecular en la Clínica. 2da edición. México, D. F. McGraw Hill; 2012.
31. Bourges Rodríguez H. Alimentos obsequio de México al mundo. En: Alarcón Segovia D, Bourges Rodríguez H. La alimentación de los mexicanos. México: El Colegio Nacional; 2002.
32. Reynoso-Camacho R, González-Jasso E, Salgado LM. La alimentación del mexicano y la incidencia de diabetes tipo 2. *Rev Esp Cienc Quím Biol*. 2007; 10: 36-38.
33. Alarcon-Aguilar FJ, Valdés-Arzate A, Xolalpa-Molina S, Banderas-Dorantes T, Jiménez-Estrada M, Hernández-Galicia E, Román-Ramos R. Hypoglycemic activity of two polysaccharides isolated from *Opuntia ficus-indica* and *O. Streptacantha*. *Proc West Pharmacol*. 2003; 46: 139-142.
34. Guevara-Cruz M, Tovar AR, Aguilar-Salinas CA, Medina-Vera I, Gil-Zenteno L, Hernández-Viveros I, López-Romero P, Ordaz-Nava G et al. A dietary pattern including nopal, chia seed, soy protein, and at reduces serum triglycerides and glucose intolerance in patients with metabolic syndrome. *J Nutr*. 2012; 142: 64-69.
35. Warman A. La historia de un bastardo: maíz y capitalismo. México: Fondo de Cultura Económica; 1988.
36. Campos-Vega R, García-Gasca T, Guevara-Gonzalez R, Ramos-Gomez M, Oomah BD, Loarca-Piña G. Human gut flora-fermented nondigestible fraction from cooked bean (*Phaseolus vulgaris* L.) modifies protein expression associated with apoptosis, cell cycle arrest, and proliferation in human adenocarcinoma colon cancer cells. *J Agric Food Chem*. 2012; 60: 12443-50.
37. Roman S, Fierro NA, Moreno-Luna LE, Panduro A. Hepatitis B virus genotype H and environmental factors associated to the low prevalence of hepatocellular carcinoma in México. *J Cancer Ther*. 2013; 4: 367-376.
38. Vela E. La calabaza, el tomate y el frijol. *Revista de Arqueología Mexicana*. 2010; 1: 36.
39. Heyer E, Quintana-Murci L. Evolutionary genetics as a tool to target genes involved in phenotypes of medical relevance. *Evol Appl*. 2009; 2(1). DOI: 10.1111/j.1752571/2008.0061.x.
40. Guéant-Rodríguez RM, Guéant JL, Debard R, Thirion S, Hong LX, Bronowicki JP, Namour F, Chabi NW, Sanni A, Anello G, Bosco P et al: Prevalence of methylenetetrahydrofolate reductase 677T and 1298C alleles and folate status: a comparative study in Mexican, West Africa and European populations. *Am J Clin Nutr*. 2006; 83: 701-707.
41. Soloway PD. Gene nutrient interactions and evolution. *Nutrition Reviews*. 2006; 64 (5): S52-S54.
42. Mutchinick OM, López MA, Luna L, Waxman J, Babinsky VE. High prevalence of the thermolabile methylenetetrahydrofolate reductase variant in México: a country with a very high prevalence of neural tube defects. *Mol Genet Metab*. 1999; 68: 461-467.
43. Deckelbaum RJ, Chang C, Worgall TS, Seo T. Molecular mechanisms for biological endpoints of n-3 fatty acids. *Scand J Food Nutr*. 2006; 50 (S2): 13-16.
44. Surette ME. The science behind dietary omega-3 fatty acids. *CMAJ*. 2008; 178 (2): 177-180.
45. Mohd Ali N, Yeap SK, Ho WY, Beh BK, Tan SW, Tan SG. The Promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *J Biomed Biotechnol*. 2012; 2012: 171956.
46. Vela E. Los chiles de México. *Revista de Arqueología Mexicana*. 200: 32.
47. Sherman PW, Billing J. Darwinian Gastronomy: Why we use spices. *Bioscience* 1999; 49 (6): 453-463.
48. Hayes JE, Bartoshuk LM, Kidd JR, Duffy VB. Supertasting and PROP bitterness depends on more than the TAS2R38. *Gene Chem Senses*. 2008; 33: 255-265.

49. Enattah NS, Trudeau A, Pimenoff V, Maiuri L, Auricchio S, Greco L, Rossi M et al. Evidence of still-ongoing convergence evolution of the lactase persistence T-13910 alleles in humans. *Amer J Hum Gen.* 2007; 81: 615-625.
50. Itan Y, Powell A, Beaumont MA, Burger J, Thomas MG. The origins of lactase persistence in Europe. *PLoS Comput Biol.* 2009; 5 (8): e1000491.
51. López P, Rosado JL, Palma M, González C, Valencia ME. Poor digestion of lactose. Its definition, prevalence in México, and its implications in milk consumption. *Rev Invest Clin.* 1996; 48 (Supl): 15-22.
52. Traditional Mexican cuisine ancestral, ongoing community culture, the Michoacán paradigm.[Acceso el 24 de septiembre del 2013]. Disponible en:

<http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?lg=en&pg=00011&RL=00400>.

Correspondencia:

Sonia Román, PhD.

Servicio de Biología Molecular en Medicina,
Hospital Civil de Guadalajara, «Fray Antonio
Alcalde». Calle Hospital Núm. 278.

Col. El Retiro, 44280,
Guadalajara, Jalisco, México.

Tel/Fax: 523336147743.

E-mail: sroman@cucs.udg.mx

soniamariaroman@hotmail.com