



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

***HISTORIA DE LA GENÉTICA EN LA AGRICULTURA EN
MÉXICO: LA CREACIÓN DEL CENTRO INTERNACIONAL
DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO (CIMMYT).***

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

KAREN EUNICE MELO ACATITLA

DRA. ANA ROSA BARAHONA ECHEVERRÍA

2010





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Con dedicatoria especial
para mi hijo Isai, que desde
su llegada a mi vida ha sido
como una luz en mi camino
y mi motor para seguir
luchando.**

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Melo

Acatitla

Karen Eunice

58 47 37 24

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

099208842

2. Datos del tutor

Dra.

Ana Rosa

Barahona

Echeverría

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Edna María

Suárez

Díaz

4. Datos del sinodal 2

Dra.

Aurora

Zlotnik

Espinosa

5. Datos del sinodal 3

M. en C.

María de los Ángeles Aída

Téllez

Velasco

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

María Alicia

Villela

González

7. Datos del trabajo escrito

La historia de la genética en la agricultura en México: la creación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

La genética agrícola en México

68 p

2010

Agradecimientos

La culminación de este trabajo para mi es un logro muy importante en mi vida, en este momento me encuentro muy feliz y quiero mencionar a cada una de las personas que hicieron posible el término de mi trabajo.

En primer lugar quiero mencionar a mi hijo Isai que con solo ver su sonrisa tan inocente me motivaba a seguir luchando para concluir mi carrera, gracias. Mamá quiero agradecerte infinitamente el apoyo incondicional que me has brindado a lo largo de mi vida, gracias por haber confiado en mí y por tener siempre una palabra de aliento.

A mi hermana Ivone, eres para mi la mejor amiga que tengo, contigo he compartido muchos momentos y he recibido un consejo sincero cuando lo he necesitado.

A mi hermano Isai por la ayuda técnica y por los consejos.

A mi abuelita Lupita por los consejos y el apoyo.

A la M. en C. Aída Téllez no tengo palabras para agradecerle lo mucho que ha hecho por mí a lo largo de estos años, gracias por sus sabios consejos y por sus palabras de aliento.

A la Dra. Ana Barahona por las muchas correcciones realizadas y por las sugerencias para el término de este trabajo.

A la Dra. Aurora Zlotnik es una persona que admiro por la facilidad y por su paciencia para transmitir sus conocimientos.

A la Dra. Edna gracias por haber aceptado ser mi sinodal, gracias por las correcciones.

A la M. en C. Alicia por los consejos a lo largo de este trabajo.

Gracias a los investigadores del CIMMYT, por haberme dedicado un momento de su tiempo para realizar las entrevistas incluidas en este trabajo, por los conocimientos y material proporcionado: Dr. Arnoldo Amaya, Dr. Javier Peña y el M. en C. José Luis Torres.

Gracias a mis amigos de la Facultad, ya que con cada uno pase momentos importantes durante la carrera y algunos los conozco desde el inicio de la carrera: Janet, Karla, Hilda Adriana, Rosario, Arturo, Candy.

ÍNDICE

Siglas y Abreviaturas	3
INTRODUCCIÓN	4
I. LA EDUCACIÓN AGRÍCOLA Y LA SITUACIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO A FINALES DEL SIGLO XIX Y PRINCIPIOS DEL SIGLO XX.	5
1.1 La Creación de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA).	5
1.1.1 Primeros alumnos egresados de la ENA	12
1.2 La Crisis Agrícola en las primeras décadas del siglo XX	13
1.2.1 La Situación agrícola durante la dictadura porfirista	14
1.2.2 La importancia del agro-mexicano en el gobierno de Emilio Portes Gil y Abelardo Rodríguez	15
1.2.3 La importancia del agro- mexicano en el sexenio de Cárdenas	15
1.2.4 El Capitalismo agrícola en el sexenio de Ávila Camacho	16
2. LA GENÉTICA AGRÍCOLA EN MÉXICO	17
2.1 El pionero de la genética agrícola, el Ing. Edmundo L. Taboada Ramírez	18
2.2 Desarrollo del Programa Agrícola Mexicano (PAM)	21
2.2.1 Aportaciones del Programa Agrícola Mexicano a la genética	24
3. ORÍGENES DEL Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)	25
3.1 Construcción del CIMMYT	26
3.2 Variedades Mejoradas por el CIMMYT	27
3.2.1 Germoplasma de Maíz	27
3.2.1.1 Maíz de Valles Altos	30
3.2.1.2 Maíz con Alta Calidad Proteínica (Quality Protein Maize QPM)	30

3.2.2 Germoplasma de trigo	31
3.2.2.1 Trigo Harinero de Primavera	32
3.2.2.2 Trigo Cristalino o Duro	34
3.2.2.3 Triticale	34
3.2.2.4 Otras variedades realizadas por el CIMMYT	35
4. LA REVOLUCIÓN VERDE	35
4.1 Dr. Norman Ernest Borlaug padre de la Revolución Verde	36
4.1.1 La polémica sobre la Revolución Verde	38
4.2 La Fundación Rockefeller	39
4.2.1 La controversia sobre la Fundación Rockefeller	40
5. PANORAMA ACTUAL DEL CIMMYT	41
5.1 Banco genético de maíz y el trigo	44
5.2 Publicaciones del CIMMYT	44
5.3 Colaboradores del CIMMYT y su experiencia en la Institución	45
CONCLUSIONES	47
Apéndices	50
Glosario	63
Bibliografía	66

Siglas y Abreviaturas

CGIAR	Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional
CIMMYT	Centro Internacional en Mejoramiento de Maíz y Trigo
DCE	Departamento de Campos Experimentales
ENA	Escuela Nacional de Agricultura (actualmente, Universidad Autónoma de Chapingo)
ENAV	Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FR	Fundación Rockefeller
IIA	Instituto de Investigaciones Agrícolas
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPN	Instituto Politécnico Nacional
IRRI	Internacional Rice Research Institute (Instituto Internacional de Investigación en Arroz)
OEE	Oficina de Estudios Especiales
PAM	Programa Agrícola Mexicano
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
QPM	Quality Protein Maize (Maíz de Alta Calidad Proteínica)
SAF	Secretaría de Agricultura y Fomento
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Introducción

El objetivo de este estudio es analizar el desarrollo de la genética en la agricultura de México, así como los orígenes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y su papel en el desarrollo de la genética agrícola.

La institucionalización de la genética en México tiene una vida relativamente reciente y fue particularmente en el área de la agricultura donde esta ciencia dio pie a la consolidación de proyectos aplicables a beneficio de la sociedad mexicana, además de contribuir al progreso de la economía de México (Barahona et al., 2003).

En México, al igual que en otras partes del mundo como los Estados Unidos, Inglaterra y Francia, la agricultura propició la llegada de la genética y la introducción de sus aspectos prácticos, la fitotecnia.

Esta investigación se sustenta en la revisión de acervos bibliográficos, como libros, folletos, publicaciones del CIMMYT y sitios web de esta institución; además de consultar tesis, libros y folletos editados por la UNAM, UAM y UACH. Como complemento de lo anterior, se realizó una serie de entrevistas a científicos mexicanos que han contribuido en la investigación sobre genética en la agricultura dentro del CIMMYT, dando testimonio sobre cuáles eran los proyectos que se realizaban en los inicios del CIMMYT, que tipo de investigación realizan, hacia quién va dirigida y cuáles son las revistas en las que se ha dado a conocer este tipo de investigación.

Este trabajo se divide en cinco secciones que hablarán de las etapas más importantes del desarrollo de la genética agrícola en nuestro país. En la **primera**, se habla de la creación de la primer Escuela de Agricultura en México: la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), la cual contribuyó en la formación académica y laboral del pionero de la genética agrícola en México, el Ing. Agrónomo Edmundo L. Taboada Ramírez; además, se hace una revisión sobre la historia de la agricultura en México a principios del siglo XX. En la **segunda** parte, se habla de los comienzos de la genética en la agricultura en México y el papel que jugó el Ing. Edmundo L. Taboada Ramírez en el desarrollo de esta ciencia. En la **tercera**, hacemos referencia a los orígenes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), para conocer el papel que éste ha tenido en el desarrollo de la genética en la agricultura en México, y conocer cuáles han sido sus objetivos aportaciones, y aspiraciones. En la **cuarta** se hablará sobre la Revolución Verde y sus consecuencias, además se mencionará la importancia de la Fundación Rockefeller en la creación del CIMMYT, como uno de los centros claves del estudio de la genética en el ámbito agrícola. Por **último**, se mencionan a grandes rasgos las contribuciones del CIMMYT en la formación de científicos mexicanos y extranjeros, y sus aportaciones científicas en la actualidad.

I. LA EDUCACIÓN AGRÍCOLA Y LA SITUACIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO A FINALES DEL SIGLO XIX Y PRINCIPIOS DEL SIGLO XX.

1.1 La Creación de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA).

Como consecuencia del México independiente, surgió la necesidad de crear una escuela de enseñanza agrícola a fin de mejorar la situación económica del país con base en el mejoramiento de cultivos y técnicas de siembra; fue entonces cuando el gobierno mexicano decidió fundar en el año de 1832 la primera Escuela de Agricultura (la Escuela Nacional de Agricultura). Para tales fines, adquirió las instalaciones del Hospicio de Santo Tomás (donde actualmente se localiza el IPN), en el D.F.; ¹en esa institución se pretendía impartir asignaturas como botánica, agricultura práctica y química aplicada, pero esto no fue posible debido a la inestabilidad política del país (presente en ese momento). Fue a partir de ese momento que se dieron numerosos intentos por consolidar la Escuela de Agricultura, ya que en repetidas ocasiones permaneció cerrada. Sin embargo, no podemos dejar de mencionar que en cada uno de estos intentos, se dieron cambios en los objetivos del plan de estudios, y en algunos casos se trató de implementar nuevas carreras. ²

¹ Anaya *et al.*, 2004, p.17

² Barahona *et al.*, 2003, p. 92

Otro de los intentos se dio el 2 de octubre de 1843, cuando por decreto de Antonio López de Santa Ana (Figura 1), se pretendió crear una Escuela de Agricultura y otra de Artes. La Escuela de Agricultura tendría como objetivo “la introducción y la promoción de buenos métodos de cultivo y el uso adecuado de los instrumentos para arar la tierra”.³ Por este motivo, la Junta Directiva de la Industria adquirió el Edificio de San Jacinto y la Hacienda de la Ascención, aunque la escuela, por razones políticas, nunca abriría sus puertas.



Figura 2. Lucas Alamán

(Fuente: Anaya et al., 2004)

Posteriormente, el 16 de mayo de 1845, Lucas Alamán (Figura 2), entonces, Director de la Industria Nacional nombra un nuevo director en la Escuela de Agricultura, Don Melchor Ocampo. Pero, a causa de la invasión estadounidense en México, nuevamente se retrasó su establecimiento.



Figura 1. Antonio López de Santa Anna

(Fuente: Anaya et al., 2004.)

³ Anaya et al., 2004, p- 17

Gracias a la lucha del Lic. José Urbano Fonseca (Figura 3),⁴ junto con Joaquín Velásquez de León (miembro de la Junta General de Estudios del Ministerio de Educación) se logró que el 15 de marzo de 1850 se impartieran los primeros cursos con cinco estudiantes becados por el gobierno federal y estatal, en la Escuela de Agricultura, ubicada en el antes Colegio de San Gregorio (Figura 4), situado en el D.F. Los estudiantes trabajarían en unidades productivas: haciendas, ranchos y plantaciones.

Figura 3. Lic. José Urbano Fonseca

(Fuente: Anaya et al., 2004)

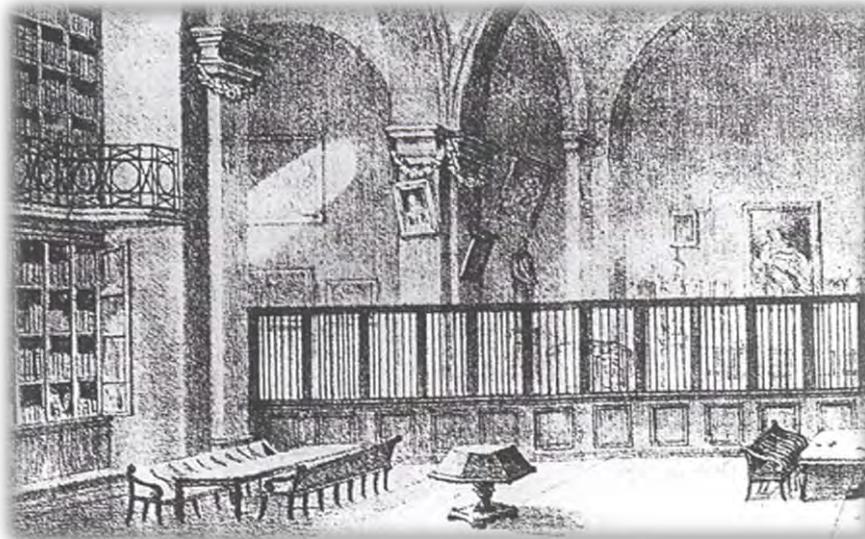


Figura 4. Grabado del interior de la biblioteca de San Gregorio, en el D.F.

(Fuente: Anaya et al., 2004)

El objetivo del plan de estudios de ese momento era brindarle al alumno una "formación práctica a partir de las ciencias naturales que tuvieran relación directa con la agricultura y ciencias auxiliares, y una formación teórica sólida a partir del conocimiento adquirido en el aula"; en los dos últimos años de la carrera

⁴ Lic. José Urbano Fonseca, incansable promotor de la enseñanza agrícola, le fue encomendada la creación de la Escuela de Agricultura. Anaya et al., 2004, p. 18

se trasladaban a la hacienda modelo de San José Acolman, en el Estado de México, para realizar prácticas de siembra, riego y labores agrícolas.⁵

En 1853, antes de que iniciará el conflicto entre liberales y conservadores, el Presidente Antonio López de Santa Ana ordenó la creación de una Escuela Nacional de Veterinaria, que en esa misma fecha se fusionaría con la Escuela de Agricultura de San Gregorio para convertirse en el Colegio Nacional de Agricultura, que más tarde recibiría el nombre de Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria; aquí se implementarían carreras, como: administrador de fincas rústicas o rurales, administrador de hacienda y campo, mariscal inteligente, agricultor teórico-práctico, mayordomo de fincas rurales, perito agrícola, agrimensor e hidromensor⁶, todas ellas con el fin de proteger los cultivos de los hacendados con mayores recursos económicos.

Algunos autores como Barahona et al. (2003) y Olea-Franco (2001), mencionan que el Colegio Nacional de Agricultura se establece de manera oficial en 1854, tendría como sede el Antiguo Convento de San Jacinto (Figura 5), su objetivo sería “promover la investigación y la educación agrícola, además de capacitar administradores y asesores para las haciendas”, y dependería del Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio.⁷ Don José Guadalupe Arreola sería el último Director del Colegio en San Gregorio y el primer director en San Jacinto.⁸



Figura 5. Foto de la Escuela Nacional de Agricultura, ubicada en el Ex Convento de San Jacinto, en el D.F. (actualmente se encontraría en la Calzada México Tacuba esquina Maestro Rural, en el D. F.)

(Fuente: Anaya et al., 2004)

⁵ Anaya et al., 2004, p. 18

⁶ Barahona et al., 2003, p. 92

⁷ Olea- Franco, 2001, p. 315

⁸ García, C. En: <http://www.anech-chapingo.org.mx/ena.html>

De acuerdo con la ley y el reglamento de 1856 de la Escuela Nacional de Agricultura, se estableció que “la enseñanza se dividiría en Superior y en Común. La primera tenía por objeto formar administradores instruidos y, la segunda mayordomos inteligentes”.⁹ Una vez que el alumno cumplía con los cinco años reglamentarios dentro de la Escuela, obtenía el título de Agricultor Teórico-Práctico; además podía ejercer la profesión de agrimensor y topógrafo. Para que pudiera aspirar a ser profesor de agricultura tenía que cursar dos años más, de cátedras de perfección. En 1857, el General Ignacio Comonfort, reorganizó el Colegio Nacional de Agricultura y lo transformó en Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria.¹⁰

De 1861 a 1869, a causa de los conflictos entre liberales y conservadores, la escuela seguía cambiando su ubicación, una vez en San Idelfonso, dos en Letrán, y en ocasiones permanecía cerrada. Éste no fue el único problema que enfrentó, pues no contaba con personal capacitado en agronomía, y tenía recursos limitados para el mantenimiento de infraestructura y para adquirir equipo y mobiliario. Pese a todas las dificultades que experimentó la escuela, la lucha por continuar con la enseñanza agrícola no cesó.

Cuando Benito Juárez vence al Imperio de Maximiliano, reorganiza la educación nacional y la Escuela Nacional de Agricultura reabre sus puertas con las carreras de Agricultor y Médico Veterinario y establece que la duración de los estudios en agricultura sería de siete años y establecería la primera “Ley Orgánica de Instrucción Pública”.¹¹ Para 1883 se instituye la Carrera de Ingeniero Agrónomo, agregándose posteriormente la de Mayordomo de Fincas Rústicas.¹²

A partir de 1907, siendo Secretario de Agricultura y Fomento el hacendado Olegario Molina y Director de la ENA el Ing. Rómulo Escobar, iniciaron la gestión para que la ENAV dependiera del Ministerio de Fomento, que se convertiría luego en Secretaría de Agricultura. Anteriormente, la ENAV estaba a cargo de la Secretaría de Instrucción Pública.

En 1909, el Ministro de Fomento Olegario Molina, con la finalidad de atender los problemas agrícolas, comisionó a los ingenieros Lauro Viadas y a Basiliso Romo, al extranjero para que estudiaran las características de la educación agrícola. A su regreso, el plan de estudios de la ENAV se modifica, mismo que prevaleció hasta 1914. En ese año, a causa de los movimientos armados y a que muchos estudiantes se unieron a esta lucha, la ENAV permaneció cerrada. Con el apoyo de Venustiano Carranza, 17 alumnos de los últimos semestres se organizaron y el 10 de febrero de 1916 fundaron el Ateneo Ceres (Figura 6.) ubicado en el Centro Histórico, en el D.F., para concluir sus estudios, el cargo del primer director lo ocupó Delfino Briceño Ortega; a su salida, Marte R. Gómez ocupó su lugar, que para entonces la institución ya contaba con 32 estudiantes y Alfredo Valle Rivera sería el último directo. Los dos últimos directores lucharon porque se les diera reconocimiento oficial a los estudios realizados en ese lugar.

En 1916, la Escuela de Medicina Veterinaria, se separaría de la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria, y sería transferida por la Secretaría de

⁹ Anaya *et al.*, 2004. p. 28

¹⁰ Cortázar, A. En: <http://www.anech-chapingo.org.mx/ena.html>

¹¹ Barahona *et al.*, 2003, p. 93

¹² García C. En: <http://www.anech-chapingo.org.mx/ena.html>

Agricultura y Fomento a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde se llamaría Escuela Nacional de Medicina Veterinaria.¹³

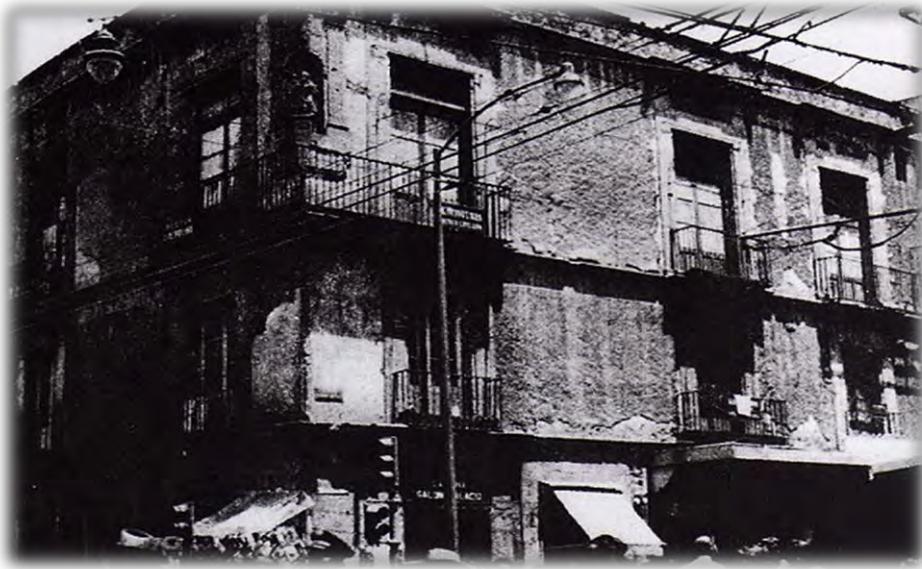


Figura 6. El Ateneo Ceres se ubicó en lo que actualmente es la calle de Brasil en el Centro Histórico, de la Ciudad de México.

(Fuente: Anaya et al., 2004)

Así, el 22 de febrero de 1919 la gestión terminó, al reiniciarse las clases en San Jacinto, por decreto presidencial. Asimismo se expidió un decreto que creó la Escuela Nacional de Agricultura (ENA). En 1923, la ENA se trasladó a la ex hacienda de Chapingo (Figura 7), en el Estado de México¹⁴. Aunque, oficialmente se inauguró el 1 de mayo de 1924.

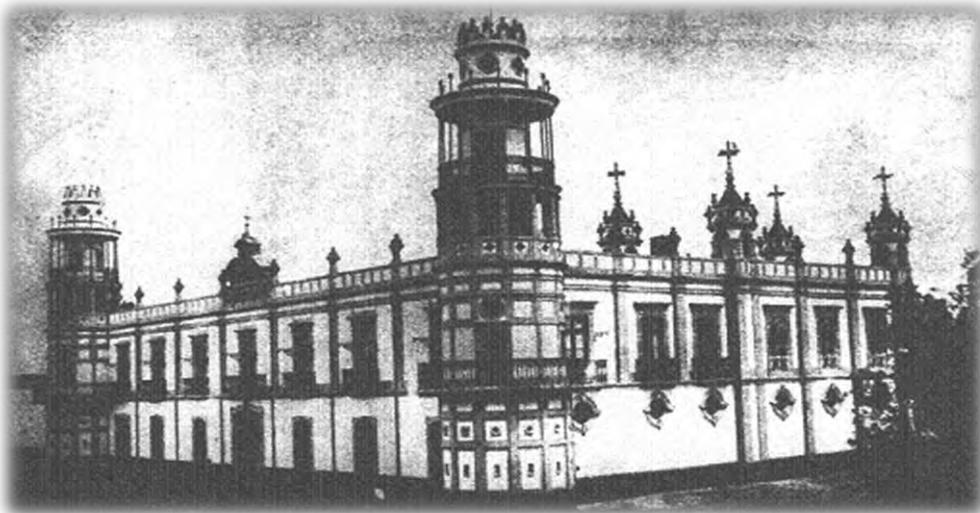


Figura 7. Ex hacienda de Chapingo, Estado de México)

(Fuente: Anaya et al., 2004)

¹³ Olea-Franco, 2001, p. 309

¹⁴ Propiedad que le fue expropiada al Ex presidente Manuel González. Anaya *et al.*, 2004, p. 59

En 1924, también se inauguró el ferrocarril que salía de la Ciudad de México por la mañana con destino a Chapingo (Figura 8).



Figura 8. Foto de la Estación de Chapingo

(Fuente: Anaya et al., 2004)

El Ing. Marte R. Gómez Segura sería el último director de la ENA en San Jacinto y el primero en Chapingo (1 de febrero de 1923 al 30 de noviembre de 1924)¹⁵. Cuando la ENA se cambió a Chapingo se agregaron nuevas carreras como: ganadería, servicios agrícolas, industrias agrícolas y fitotecnia.¹⁶

1.1.1 Primeros alumnos egresados de la ENA

En los primeros años de la consolidación de la Escuela de Agricultura, el gobierno federal ordenó que cada estado de la República Mexicana debería seleccionar 1 alumno cada cinco años, para que ingresaran a la dicha escuela, y sus gastos correrían a cargo de la escuela. Para el año de 1889 la ENA había otorgado 100 becas de veinticinco pesos para alimento, libros y vestido.¹⁷ En los primeros 53 años de la Escuela de Agricultura el número de egresados fue muy bajo. De 1854 a 1907 según Marte R Gómez, se graduaron 175 profesionistas con los siguientes títulos:¹⁸

47 Peritos Agrícolas (José Clemente Orozco)

37 Mayordomos de Fincas Rústicas

¹⁵ *Ibid.*, p. 67

¹⁶ Barahona et al., 2003, p.-93

¹⁷ Anaya et al., 2004, p. 43

¹⁸ García C. En: <http://www.anech-chapingo.org.mx/ena.html>

8 Agricultores

3 Agricultores Teóricos Prácticos

1 Agrónomo

79 Ingenieros Agrónomos (Adolfo Barreiro y José Ortiz)



Figura 9. Primeros egresados de la ENA en el siglo XIX

(Fuente: Anaya et al., 2004)

1.2 La Crisis Agrícola en las primeras décadas del siglo XX

En las primeras décadas del siglo XX, México atravesaba una crisis económica muy fuerte, consecuencia de la Revolución Mexicana, ya que importaban grandes cantidades de cereales importantes en la consumo de los mexicanos, esto generaría la necesidad de crear variedades mejorados resistentes a plagas, enfermedades, con mayores rendimientos y valor nutrimental, pero este tipo de investigación iniciaría hasta 1930, con el Ing. Edmundo Taboada y en 1940 con los aportes del Programa Agrícola Mexicano. En las páginas siguientes se hablará de la situación agrícola desde la dictadura de Porfirio Díaz hasta Ávila Camacho.

1.2.1 La Situación agrícola durante la dictadura porfirista

Durante el régimen de Porfirio Díaz, se priorizó el fomento en la agricultura de exportación, ya que generaría divisas y ayudaría a equilibrar la balanza de pagos, por lo que se proporcionaron facilidades jurídicas y maquinaria moderna a los agricultores. Pero la modernización económica jamás llegaría a los agricultores pobres, sólo fue para los hacendados más ricos que buscaban incrementar los cultivos con irrigación de sus tierra y con el aumento en la superficie de las

mismas. Además, se impulsó la investigación agrícola, creándose las primeras estaciones experimentales.¹⁹

En la época del porfiriato, el maíz y el frijol eran cultivos que se sembraban en todos los estados del país, por lo que era de esperarse que en algunos de ellos, su producción fuera más alta. El trigo y la cebada se cultivaban en regiones altas y frías del altiplano, en tierras templadas y en diversas regiones del país. La producción de arroz era principalmente en tierra caliente y en menor cantidad en zonas de clima templado. No obstante, esto no era suficiente para abastecer el consumo de estos productos, por lo que se importaban grandes cantidades de estos cereales. Entre 1892-93, 1896-97, y 1910-11, se importaron más de 200 mil toneladas anuales, reflejando que México no era autosuficiente en la producción de cereales de consumo diario.²⁰ Esta situación se le atribuía a sequías, inundaciones, heladas, entre otros fenómenos naturales. Los rendimientos que ofrecía el maíz, eran específicos para cada región del país; para suelos buenos, se utilizaban aproximadamente 9 kg y para suelos malos 11.5 kg de semilla.²¹ Como sabemos el maíz es un cultivo de temporal; sin embargo, en algunas haciendas se sembraba en verano y se regaba de manera artificial, su cosecha se realizaba entre noviembre y enero, y con mucha frecuencia era seguido de la siembra de trigo. El consumo de trigo se incrementaba en las ciudades y en menor cantidad en la zona fronteriza del norte. El establecimiento de molinos se dio cerca de las zonas trigueras. El abastecimiento de este cereal lo garantizaban productores nacionales durante dos terceras partes del año y el resto se completaba con importaciones. Al igual que el maíz, la cantidad de semillas y los rendimientos que ofrecía el trigo, eran muy variables.

Para 1907, se planeó la creación de una estación experimental anexa a la ENA, esta sería la estación central, la cual coordinaría a otras estaciones que estarían ubicadas en los siguientes estados: en Ciudad Juárez, Chihuahua, Río Verde, San Luis Potosí, Villahermosa, Tabasco, El Dorado, Sinaloa, San Pedro, Coahuila y una en Yucatán, pero debido a la Revolución Mexicana, solo operaron las cuatro primeras. Dichas estaciones funcionarían de 1908 a 1914, y se tiene registros de algunas de sus publicaciones relacionadas con la agricultura: 45 circulares y 80 boletines que incluían temas basados en enfermedades y plagas de plantas y animales, veterinaria general, instrucciones de cómo sembrar adecuadamente ciertos cultivos (como la cebada, el lúpulo, la higuera, el arroz, etc.).²²

1.2.2 La importancia del agro-mexicano en el gobierno de Emilio Portes Gil y Abelardo Rodríguez

En 1929, durante el régimen de Emilio Portes Gil (1928-1930), la Secretaría de Agricultura y Fomento crea un plan con dos objetivos retomados de los ideales de la Revolución Mexicana: el primero buscaba mejorar la redistribución de la

¹⁹ Barahona *et al.*, 2003, p. 76

²⁰ Fujigaki, 1995, p.32:35

²¹ *Ibid.*, p. 39

²² Gaona, 1998, p. 27

riqueza de las tierras, y el segundo, aplicar todos sus esfuerzos para lograr un programa reestructurativo de la producción de los insumos que el país necesitaba.²³

Entretanto, la administración de Abelardo L. Rodríguez (1932-1934) dedicó su apoyo a renovar la enseñanza agrícola, a través de un cambio en el plan de estudios de la ENA, al impartir materias introductorias en especialidades como: fitotecnia, ganadería, bosques, industrias agrícolas, irrigación y economía rural, con un fin práctico.²⁴

1.2.3 La importancia del agro- mexicano en el sexenio de Cárdenas

El presidente Lázaro Cárdenas (1934-1940), afirmaba que para que el campo fuera productivo era necesario transformar las grandes propiedades agrícolas capitalistas en cooperativas de campesinos y jornaleros.²⁵ La visión cardenista, se basaba en un México rural próspero, compuesto por comunidades campesinas con acceso a la tierra, al crédito, a la ayuda técnica y a los servicios sociales. Cárdenas hablaba de un proyecto de reforma agraria que pretendía eliminar el sistema capitalista:

Por el hecho de solicitar ejidos, el campesino rompe su liga económica con el patrón, y en estas condiciones, el papel del ejido no es el de producir el complemento económico de un salario (...) sino que el ejido, por su extensión, calidad y sistema de explotación debe bastar para la liberación económica absoluta del trabajador, creando un nuevo sistema económico- agrícola, en un todo diferente al régimen anterior (...) (Serviría) para sustituir el régimen de los asalariados del campo y liquidar el capitalismo agrario de la República.²⁶

En este gobierno, no sólo se logró restituir tierras a muchas otras comunidades campesinas invadidas por intereses porfiristas, sino que se expropiaron grandes empresas agrícolas, que en algunos casos estaban en manos de extranjeros y fueron entregadas a sus antiguos peones. Permitió el surgimiento de nuevas comunidades cuyos miembros disponían de sus recursos de mejor manera que sus anteriores beneficiarios. En 1936, se fundó el Banco Nacional de Crédito Ejidal, que invirtió 300 millones de pesos en el sector ejidal como parte de la reforma agraria. Las explotaciones privadas, que habían ocupado 5.2 millones de hectáreas cultivables en 1930, solo tenían 3 millones de ha en 1940; mientras que las tierras ejidales habían aumentado de 800 000 a 3.5 millones de ha.²⁷ Durante su gobierno repartió 18, 352,275 ha entre 1, 020,594 campesinos.

²³ Barahona *et al.*, 2003, p. 77

²⁴ *Ibid.*, p. 78, 79

²⁵ *Ibid.*, p. 79

²⁶ Krauze, 1991, p. 109

²⁷ Hewitt, 1988, p. 20:22

1.2.4 El Capitalismo agrícola en el sexenio de Ávila Camacho

En el gobierno de Manuel Ávila Camacho (1940-1946), a diferencia del anterior, prevaleció una tendencia capitalista, la cual favorecería al sector privado, y ponía poca atención a los intereses de los campesinos y la gente más pobre; Ávila Camacho disminuyó significativamente el reparto de tierras, que se había iniciado en el sexenio de Cárdenas.

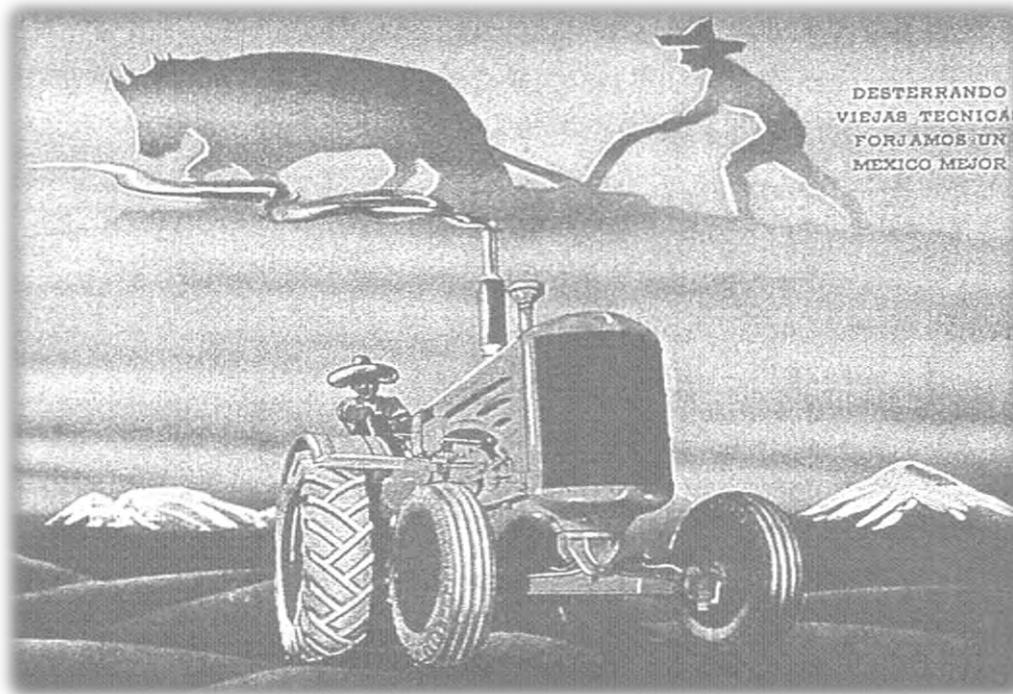


Figura 10. El capitalismo de Ávila Camacho

(Fuente: Krauze, E., 1999)

En su primer informe presidencial, Ávila Camacho aseguró que el futuro de México se basaría “principalmente en la energía vital de la iniciativa privada” y sobre todo “aumentaría la protección de las propiedades agrícolas privadas, no sólo para defender las que ya existen, sino también para formar nuevas propiedades privadas en vastas regiones no cultivadas”. La agricultura iba a desempeñar un papel nuevo, no ya como base del desarrollo rural, sino como “cimientos de la grandeza industrial”.²⁸ El nuevo grupo de empresarios que participaba en la política de crédito y comercial, y los terratenientes financieros más tradicionales de la élite, no deseaban la continuación de un régimen que favorecía las cooperativas de campesinos y obreros.²⁹ A principios de 1940, Ávila Camacho solicitó el apoyo de la Fundación Rockefeller para mejorar la situación del agro-mexicano, a fin disminuir la crisis alimentaria de ese momento (para más información ver Sección 2.2).

²⁸ *Ibid.*, p. 22

²⁹ *Ibid.*, p. 23

2. LA GENÉTICA AGRÍCOLA DE MÉXICO.

A principios del siglo XX en México, ya se comenzaba a hablar de las leyes de la herencia de Mendel en las publicaciones médicas y en los libros de texto de biología. No obstante, esto no fue suficiente para que se iniciara de manera formal un programa de investigación sobre genética.¹ En el año de 1920, ya se hacía referencia sobre temas relacionados con genética agrícola, como el mejoramiento vegetal del algodón; estudio, introducción y mejoramiento de variedades nuevas y de las que ya se cultivaban; y de la catalogación de los híbridos con los que se tenían en ese momento y sus probables usos. Mientras tanto, en el gobierno de Emilio Portes Gil se hablaba de la importancia del mejoramiento de granos. Pero no podemos hablar de manera formal sobre genética en México, ya que la introducción de esta ciencia se da hasta los años 1930s; cabe resaltar que los precursores en la práctica de esta ciencia, no fueron los médicos, como se hubiera esperado, ya que ellos habían sido los primeros en tratar los problemas hereditarios; probablemente no es de asombrarse, pero en este caso fueron los agrónomos, quienes realizan los primeros programas de investigación sobre genética.² Esto se podría atribuir a que la agricultura permitió introducir más rápidamente las prácticas experimentales de la genética y sobre todo a la importancia económica que ha tenido esa actividad en nuestro país. La introducción de la genética en México se da gracias al trabajo del Ing. Agrónomo Edmundo L. Taboada Ramírez; y en los años 1940s, el Programa Agrícola Mexicano comenzaría a generar nuevos trabajos sobre genética enfocados a la agricultura.

2.1 El pionero de la genética agrícola, el Ing. Edmundo L. Taboada Ramírez

Edmundo L. Taboada Ramírez, fundador de la genética agrícola en México, nace el 12 de diciembre de 1906, en Ciudad Guzmán, Jalisco; sus estudios de licenciatura los realizó en la Escuela Nacional de Agricultura; especialista en Irrigación, años más tarde se convertiría en uno de los egresados más sobresalientes de esa época; tuvo la oportunidad de realizar sus estudios de posgrado en el extranjero, lo cual le permitió tener un acercamiento más claro en el campo de la genética. De 1932 a 1933 estudió en la Universidad de Cornell en Nueva York, genética, genética vegetal aplicada, citología, micología, fisiología, mejoramiento del trigo y maíz, bajo la supervisión de Rollins Adam Emerson (1873-1947). Más tarde recibió una invitación de Herbert Kendall Hayes de la Universidad de Minnesota en Estados Unidos para trabajar con el chahuixtle del trigo con el Dr. Elvin Stakman (1885-1972). Durante sus estudios de posgrado realizó dos estancias, la primera fue en 1932, en la Sección of Suelos del Departamento de Agricultura, en Washington, EU, para estudiar análisis de suelos, y la segunda se daría al año siguiente, en la Granja Central Experimental de Ottawa, Canadá, para aprender los métodos de molienda y planificación experimental. A su regreso a México, en 1934, le fue otorgado el cargo de Jefe de la Estación agrícola El Yaqui, en Sonora.³ Para 1936, se integró a la ENA en donde impartiría las primeras clases sobre genética vegetal y aplicada, asimismo sería el primero en publicar un

²⁵ Barahona *et al.*, 2003. p. 77

² *Ibid.*, p. 25

³ *Ibid.*, p. 81

libro donde hablaría acerca de la teoría cromosómica y las leyes de Mendel, titulado *Apuntes de Genética* (1938).⁴ A pesar de que las mutaciones no habían sido muy estudiadas, Taboada las catalogaba como un tipo de variación “hereditaria” presente en los individuos. Las variaciones podían ser de tres tipos: “las causadas por una diferencia en el medio o modificaciones, las consistentes en una reaparición o recombinación de caracteres presentes en la ascendencia, causada por la recombinación de genes en la descendencia de un híbrido (segregación) y las mutaciones cuyo origen es poco conocido”.⁵ Con relación al tema de la fecundación sexual decía:

Aparentemente el método sexuado de reproducción implica un inútil desperdicio de energía; pero como es una característica de la naturaleza proceder siempre consumiendo la menor cantidad de energía posible, se tiene que admitir que alguna importante finalidad debe tener la reproducción sexual, y ésta no puede ser otra que fomentar, en los organismos que la usan, la variación que a su vez facilita la evolución”.⁶

Taboada trató de corroborar las Leyes de Mendel, al realizar experimentos con maíz:

En el maíz existe un par de genes alelomórficos que determinan el aspecto de la endosperma del grano, afectando la formación del almidón en la misma. El gen *Wx* es dominante y origina la formación de cierta clase de almidón, que le da a la endosperma una apariencia opaca y una consistencia suave y amilácea; el gene recesivo *wx*, en ausencia del alelomórfo dominante, origina la formación de otra clase distinta de almidón que le da a la endosperma un aspecto vítreo y ceroso, haciéndola traslúcida y dura(...) si se cruza un homocigote dominante *WxWx* con un homocigote recesivo *wxwx* se obtiene un híbrido *Wxwx* que de acuerdo a las hipótesis de Mendel debe producir dos tipos de polen, uno contiene el gene *Wx* y otro contenido al gene *wx* (...) efectivamente, los hechos confirman esta hipótesis de Mendel (...).⁷

En la Sección de “Expresión e interacción de factores”, hacia alusión a los experimentos que realizaba Morgan con *Drosophila melanogaster*:

Aun cuando las Leyes de Mendel están basadas en la concepción del individuo como un conjunto de caracteres independientes entre sí, en él cada carácter aparece debido a la acción de un factor o gen, la experiencia ha demostrado que aunque los factores son heredados como unidades individuales independientes, en algunos casos el carácter es el resultado de la acción conjunta o interacción de varios factores.⁸

⁴ En este libro encontramos la primera definición de genética estructurada por un científico mexicano, decía que es “una rama de la biología que estudia los fenómenos de la herencia y de variación, y que especialmente trata de descubrir las leyes que rigen a las semejanzas y a las diferencias entre los individuos progenitores y su descendencia”.

⁵ Taboada, 1938, p. 9

⁶ Taboada, 1938. p. 10

⁷ *Ibid.* 1938. p. 27

Taboada, tras un largo tiempo de investigación, consiguió obtener maíz “estabilizado” por medio de las líneas con los menores defectos agronómicos y con buena aptitud combinatoria; aunque no ofrecía grandes rendimientos, tenía la ventaja de que podía reutilizarse en generaciones sucesivas, por los campesinos.⁹

En 1940 se inaugura la Oficina de Campos Experimentales Agrícolas de la Dirección General de Agricultura, cuyo primer jefe de este lugar sería precisamente Taboada; los programas de investigación científica que se efectuaban en ese lugar, se enfocaron en el mejoramiento genético del maíz y trigo. Las primeras diez estaciones experimentales que controló esta oficina fueron: El Yaqui, Sonora; Llera, Tamaulipas; Pabellón, Aguascalientes; Briseñas, Michoacán, León, Guanajuato; Querétaro, Querétaro, Tlalnepantla, México; Zacatepec, Morelos; el Palmar, Veracruz; Rosario Izapa, Chiapas.

En los primeros seis años de la fundación de las estaciones experimentales, se efectuó una selección de diferentes variedades de maíz con mayor tolerancia a condiciones ambientales y condiciones económicas muy heterogéneas, de diferentes productores del país: en el caso de Guanajuato se usaron las variedades Celaya, Guanajuato 16 y Guanajuato 21; Jalisco 35, correspondiente al estado del mismo nombre; para el Valle de México Chapingo 1 e Hidalgo 7, de bajo riego; para Tamaulipas, la Llera III, maíz precoz, que poseía buenos rendimientos para las zonas bajas del noroeste del país. Estas variedades eran de “polinización abierta”, las cuales eran favorables para los productores de maíz.

En el informe que presentó Taboada a la Secretaría de Agricultura en el periodo de 1951-1952, explicaba las ventajas y desventajas de las variedades de maíz que había utilizado para obtener maíz “estabilizado”:

Hay varios tipos de semillas de maíz de alto rendimiento. Los rendimientos mayores se obtienen con los maíces llamados “híbridos”, pero su excepcional productividad sólo dura para la primera siembra. En las siguientes siembras, baja tan señaladamente que a veces los rendimientos son inferiores a los que puede obtenerse con semillas ordinarias, obligando así al agricultor a adquirir semilla nueva cada año. Gran número de los que cultivaban el maíz en México no pueden emplear con éxito estos maíces híbridos, sea por sus limitados recursos económicos, sea por sus limitados conocimientos. Las variedades mejoradas de polinización abierta son otro tipo de maíz de alto rendimiento. Aunque a veces son algo menos productivas que las híbridas, tienen la gran ventaja de la permanencia, y el agricultor pueden destinar una parte de su cosecha para semilla del año siguiente exactamente como suelen hacer nuestros pequeños agricultores cuando siembran.¹⁰

⁸ *Ibid.*, p. 43

⁹ Barahona *et al.* 2003, p. 34, 35

¹⁰ Secretaría de Agricultura (1951-1952). En: Barahona *et al.*, 2001, p. 98



Figura 11. La hibridación proporciona material genético para producir variedades mejoradas

(Fuente: Harrar, G. H, 1950.)

En el caso del trigo, se hicieron colecciones de diversas variedades de los campos de los productores para realizar ensayos con las especies mexicanas que poseían alto rendimiento, pero eran susceptibles al chahuixtle del tallo, y con variedades americanas con escasa adaptación pero resistentes a esa plaga. Al poco tiempo, fueron distribuidas las variedades Lagunero y Anáhuac para el norte del país.¹¹ La visión de progreso para México, según Taboada, radicaba en combatir los problemas agrícolas, lo cual traería como consecuencia el desarrollo del país.



Figura 12. El Ing. Taboada (el primero de derecha a izquierda)

¹¹ SARH e INIA, 1985, p. 8

2.2 Desarrollo del Programa Agrícola Mexicano (PAM)

En las primeras décadas del siglo XX, la Fundación Rockefeller (FR) no descartaba la posibilidad de establecer diálogos con el gobierno mexicano, para brindarle ayuda en materia agraria, pero esto no fue posible a causa de la Expropiación Petrolera. Al llegar a la presidencia Manuel Ávila Camacho, en el año de 1940, comenzó a entablar diálogos con la FR a fin de reducir la crisis alimentaria de esa época. Esta última consideró pertinente enviar un Comité de especialistas en una gira por la República Mexicana, para evaluar a fondo la situación del campo mexicano; el grupo estaba conformado por Elvin. C. Stackman, jefe de División de Fitopatología de la Universidad de Minnesota, Paul Mangelsdorf, director del Museo Botánica de la Universidad de Harvard, y Richard Bradfield, jefe del Departamento de Agronomía de la Universidad de Cornell. Durante su estancia en el país realizaron una evaluación sobre los cultivos característicos de las diversas regiones, los tipos de clima, suelos, tradiciones y costumbres de la gente, a fin de diseñar un programa acorde con estas características.¹²

En febrero de 1943, se iniciaría un programa de cooperación para aumentar la productividad agrícola en México, que incluiría estudios sobre trigo, maíz, frijol, papa, hortalizas, sorgo, soya, leguminosas forrajeras, pastos y avicultura. En ese año, Stackman quien había sido el primer científico elegido por la FR, para participar en el Programa Agrícola Mexicano, desertó y cedió su lugar a su discípulo Jacob George Harrar, quien era fitopatólogo de la Universidad de Washington; y su equipo lo integró Edwin J. Wellhausen (experto en cultivo de maíz), Norman E. Borlaug (fitopatólogo), William E. Colwell (experto en suelos), John J. McKelvey (entomólogo) y Lewis A. Roberts (cultivo de maíz).¹³ En 1943, Jacob George Harrar, en cooperación con la Secretaría de Agricultura, dio inició al Programa Agrícola Mexicano para fortalecer la formación de expertos y al desarrollo de métodos y materiales que aumentaran el rendimiento de cultivos básicos. Así fue como, en 1944 surge la Oficina de Estudios Especiales (OEE), ubicada en el edificio de la Dirección General de Agricultura en San Jacinto. La oficina contó con laboratorios auxiliares de fitopatología y entomología, y su base experimental se ubicó en los terrenos de la ENA (Figura 13), ya que su ubicación era adecuada, al encontrarse cerca de la Ciudad de México y además era representativa de la Meseta Central, donde se acondicionaron algunos laboratorios e invernaderos.

¹² Harrar, 1950.

¹³ Cueto, 1994, p. 7



Figura 13. Base experimental en la ENA (ahora Universidad Autónoma de Chapingo).

(Fuente: Harrar, 1950)

Entre los objetivos fundamentales de esta oficina, por mencionar algunos, se encontraba a la formación de variedades y el estudio de las mejores prácticas para el cultivo del maíz, trigo y frijol.

Debido al éxito del programa, se instalaron nuevos centros de investigación en diferentes estados representativos de los cultivos más importantes en México (Figura 14). El estado de Morelos facilitó la investigación del maíz y el frijol; Guanajuato, era representativo del Bajío y adecuado para el cultivo de trigo, cebada, sorgo, forrajes y pastos. En 1955, ¹⁴el gobierno mexicano estableció dos nuevos centros, uno de ellos ubicado en Veracruz, ya que era una zona representativa dentro de los trópicos y la segunda estación se localizaba en Sonora, la cual se convertiría en la principal zona triguera del país, además de producir arroz, lino, sorgo y fibras. ¹⁵

¹⁴ Nota del autor. Harrar, G.H. en su libro titulado Programa Agrícola Mexicano tiene como fecha de publicación 1950, pero en el texto menciona hechos realizados en 1950.

¹⁵ Harrar, 1950



Mapa 1. Estaciones de las Oficinas de Estudios Especiales (las flechas representan los estados que coordinaba cada una de las estaciones de la OEE)

(Fuente: Harrar, G. H., 1950)

En los 12 años que duró, el Programa Agrícola Mexicano financió la formación de unos 700 investigadores y proporcionó becas de la FR a 200 científicos para obtener grados de maestría y doctorado. Pero después de un arduo trabajo, la OEE, cerró en 1950. De manera paralela, el gobierno mexicano estableció el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA, actualmente INIFAP) bajo la dirección del Ing. Taboada, al cual le asignó la responsabilidad de efectuar la investigación requerida por la agricultura mexicana. Muchos de los técnicos y científicos internacionales de la Fundación/OEE permanecieron en México como asesores del IIA y comenzaron a poner atención a los problemas de investigación agrícola en otros países de América Latina y Asia.

2.2.1 Aportaciones del Programa Agrícola Mexicano a la genética

La OEE, a mediados de 1940, puso en marcha varios programas para seleccionar las mejores variedades con alto rendimiento y resistencia a enfermedades, de los diferentes cereales que se sembraban en el país, con el fin de abastecer los requerimientos en la dieta de los mexicanos y la producción del ganado. Con ello se lograría la autosuficiencia de granos del país. En 1947, se obtuvieron, las primeras variedades de maíz mejorado, por lo que el Presidente instaló una Comisión Nacional del Maíz, la cual se encargaría de la multiplicación y distribución de la semilla; esta acción tuvo gran éxito debido a que hubo un

incremento considerable en la producción de maíz.¹⁶ La OEE, en los años 50's obtuvo variedades mejoradas de trigo resistentes al tizón o chahuixtle; aunado a esto, se proporcionaron mayores cantidades de fertilizantes inorgánicos y se amplió el sistema de irrigación. La Secretaría de Agricultura formó una sección que se encargaría de distribuir la semilla. Se logró obtener una docena de híbridos resistentes que fueron sembradas en poco más de tres cuartas partes de la zona triguera del territorio mexicano.

La OEE desarrolló sorgos tipo doble enano; esta variedad tuvo gran éxito en zonas donde la precipitación anual limitaba la producción de maíz. Para 1950, la superficie de siembra del sorgo era de 40 500 hectáreas y se convertiría en el alimento más importante de la dieta animal. El frijol, al constituir una de las fuentes de proteína en la dieta de los mexicanos, no podía quedarse atrás en la búsqueda de variedades mejoradas de mejor rendimiento y resistentes a enfermedades, por tal motivo, se hizo una recolección de unos dos mil ejemplares de distintos tipos de frijol en México y en el resto de América; posteriormente se sembraron en parcelas de prueba, en ese momento se realizó una selección de variedades con alto rendimiento y resistencia a enfermedades, las cuales fueron distribuidas en todo el país. Se demostró también, que la soya tenía propiedades importantes para la mejora de suelos, como planta forrajera y productora de aceites vegetales, luego se comenzó la multiplicación de los tipos seleccionados y se distribuyeron para ayudar a la producción del ganado. El cultivo de la papa se veía afectado por hongos y virus, por lo que se desarrollaron métodos para vencer estas enfermedades para incrementar la producción de este cultivo y desarrollar cultivos de papa destinados para semilla.¹⁷

¹⁶ Cueto, 1994, p. 80

¹⁷ Harrar, 1950.

3. ORÍGENES DEL CIMMYT

El primer centro de investigación agrícola que comenzó a operar desde 1962, fue el Internacional Rice Research Institute (IRRI), en Filipinas. En ese mismo año, el Presidente Adolfo López Mateos visitó este instituto y otros países en donde se observaban los avances en producción de trigo; tras realizar esas visitas propuso la creación de una institución de investigación agrícola, cuya consolidación sería en abril de 1966, al inaugurarse el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); en ese año, y debido a las demandas ejercidas por el creciente déficit de alimentos en el mundo, se reestructuraron y ampliaron las actividades del programa. Se establecería como un organismo científico-educativo sin fines de lucro y con proyección internacional por la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México y la Fundación Rockefeller para ser gobernada por una junta internacional de directores.¹ El Consejo Directivo del Centro, en su primera reunión celebrada el 19 de septiembre de 1966, aprobó los programas para el año 1967. La mayor parte del financiamiento fue aportado por la Fundación Ford y la Rockefeller. A través del CGIAR, el CIMMYT recibe fondos para su presupuesto básico de varias fuentes, entre ellas: los organismos de ayuda internacional de Alemania, Australia, Austria, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, España, EU, Finlandia, Filipinas, Francia, India, Irán, Irlanda, Italia, Japón, México, Noruega, Países Bajos, Reino Unido y Suiza, así como la Comunidad Económica Europea, la Fundación Ford, el Banco Interamericano de Desarrollo. En 1971, un grupo de organismos de desarrollo, patrocinadores internacionales y fundaciones privadas como: las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Banco Internacional para la Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial-BIRF), y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) formaron el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), con el propósito de crear una red de centros internacionales de investigación que trabajaran en los principales problemas de producción alimentaria que encaraba la población del mundo en vías de desarrollo. Asimismo, fuera del CGIAR, el Centro recibe apoyo económico para proyectos especiales de Bélgica, el Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional y otros.² Cerca de la tercera parte del personal científico presta sus servicios en la sede de México, y el resto está asignado a las 12 oficinas que se mantienen en distintos países en desarrollo en África, Asia y América. Desde su creación hasta la es el centro que financia la mayor parte de los proyectos de CIMMYT.

3.1 Construcción del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

En 1968, la Secretaría de Agricultura de México, se dio a la tarea de comprar una fracción (43 ha) de la ex hacienda El Batán para establecer el centro de operaciones del actual CIMMYT, en donde se iniciaría el proyecto de construcción de oficinas y laboratorios, a finales de ese año. El Batán se encuentra a 4 Km de Texcoco, sobre la carretera México-Veracruz, a 45 km al noroeste de la capital del país. Su proximidad permitiría realizar proyectos cooperativos de investigación y adiestramiento, además del uso conjunto de instalaciones con la actual

¹ CIMMYT and Mexico, p. 2

² Magdan, 1995, p. 38

Universidad Autónoma de Chapingo y el Colegio de Posgraduados. Los planos de construcción incluían (Figura 14): 1) un edificio de oficinas para alojar al personal del Centro; 2) un edificio para la instalación de laboratorios esenciales; 3) invernaderos; 4) espacio para almacenamiento de semilla y procesos; 5) dormitorios para 56 personas; 6) diez apartamento de dos recámaras para los científicos visitantes y estudiantes casados; 7) cobertizos para talleres y maquinaria agrícola.³

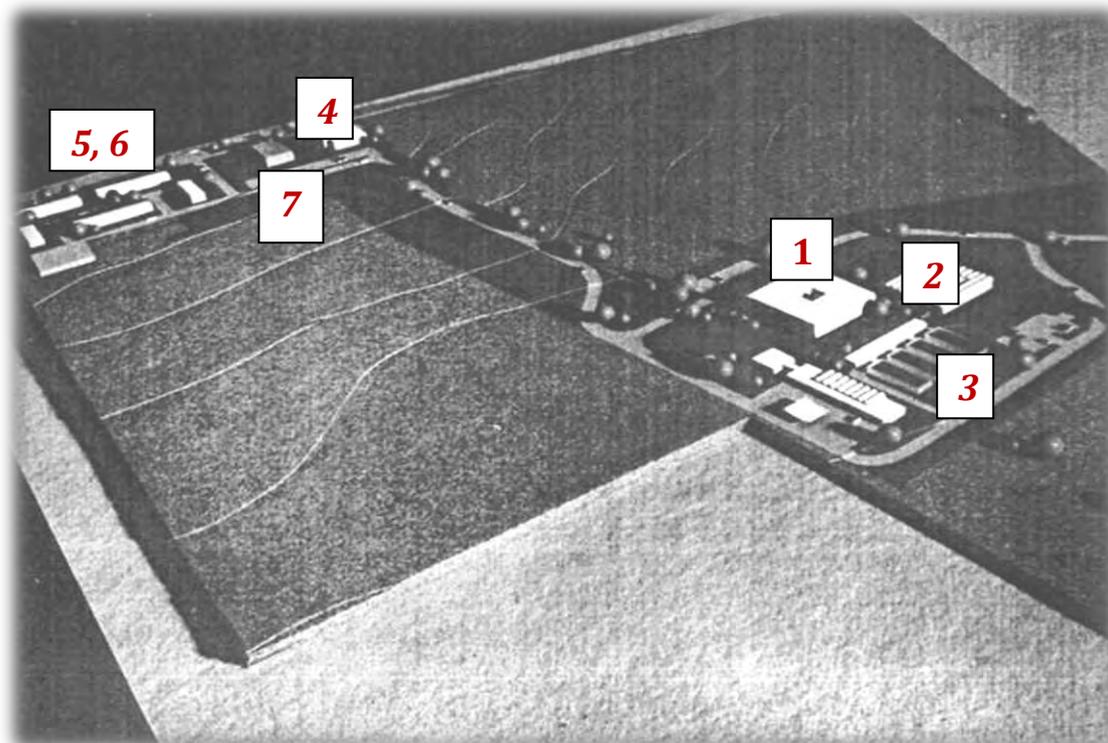


Figura 14. Maqueta de la construcción del CIMMYT

(Fuente: Informe de Actividades 1968-1969)

En los primeros años, el Centro invitaba solo a unos cuantos becarios (20 a 25) a que vinieran a México anualmente, de modo que era posible que participaran intensamente en los programas de investigación de campo. En la década de los 70, el programa de capacitación creció rápidamente por varias razones. Primero, al terminar la construcción de la sede en México (El Batán) en 1971, el CIMMYT contó con una gama más amplia de eventos de capacitación. Segundo, el éxito espectacular de los trigos semienanos y el reconocimiento mundial al personal del Centro, aumentaron en gran medida la demanda de germoplasma de trigo mejorado y de cursos en los métodos de investigación para crear y producir nuevas variedades de trigo de alto rendimiento. Tercero, en 1974 se organizó el Programa de Mejoramiento de Maíz del Centro, y se estableció un sistema internacional de generación de germoplasma. Como resultado de lo anterior, el Centro implantó y amplió un programa de cursos en las técnicas de investigación en maíz. Estos avances hicieron necesaria la creación de un mayor número de

³ Informe de Actividades 1968-1969, p. 17

cursos. Dada la magnitud de los limitantes de la producción especialmente del maíz, desde el principio se dio prioridad a la formación en los métodos de la investigación agronómica.

3.2 Variedades Mejoradas por CIMMYT

Con el surgimiento del Programa Agrícola Mexicano, investigadores mexicanos y extranjeros han hecho una intensa labor por desarrollar variedades mejoradas con rendimiento y resistencia a plagas con el fin de combatir la crisis alimentaria que ha experimentado México por largos periodos de tiempo. El CIMMYT ha sido una institución que le ha dado continuidad a esta investigación desarrollando nuevas variedades con mayor tolerancia estrés, alto rendimiento y con resistencia a plagas.

3.2.1 Germoplasma de Maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es un cereal que fue domesticado a partir de su ancestro silvestre, el teocintle (*zea mexicana* ssp. *parviglumis* L.)⁴, en el sudoeste de México, hace aproximadamente 9000 años.⁵ Desde entonces, el maíz ha evolucionado (Figura 15) y se ha propagado a otras regiones en México y América Central.⁶

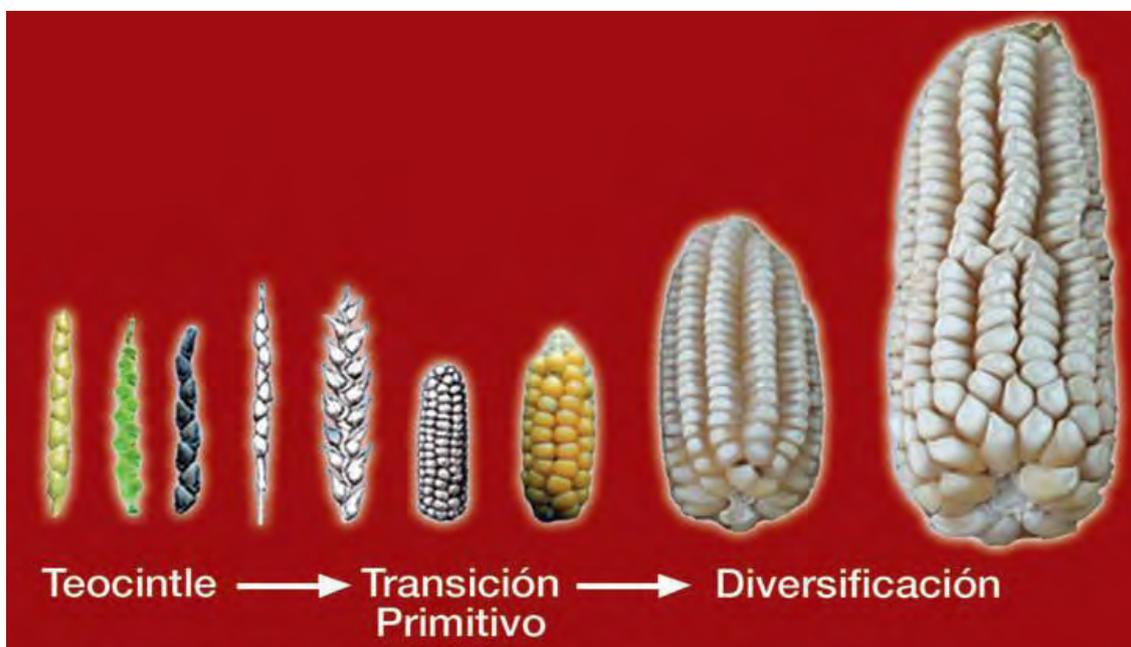


Figura 15. Secuencia morfológica de la posible evolución del maíz. Elaborada por Antonio Serratos de fuentes diversas: Las fotos 1 y 2 de izquierda a derecha son de la página web del museo Koshland: (www.koshland-science-museum.org/exhibitdna/crops02.jsp); 3 y 7 se tomaron de la página web del laboratorio de John Doebley (teosinte.wisc.edu/taxonomy.html), las figuras 4 a 6 se tomaron de Iltis. Las fotos 8 y 9 son de maíz Cónico del Altiplano.

⁴ El teocintle agrupa varias especies y está distribuido en Centroamérica (Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua) generalmente asociado al maíz.

⁵ Matsuoka et al., 2002.

⁶ Piperno, D. R. & K. V., Flannery En: Matsuoka et al., 2002

El maíz es uno de los cereales más importantes, dentro de la alimentación del ser humano, gracias a su enorme capacidad de adaptación a las diversas condiciones de crecimiento.

El maíz es una planta que pertenece a la familia de Poaceae y posee un gran número de razas que poseen una gran diversidad de características; en cuanto al grano: dentado, pedernal, harinoso, dulce, pop y morocho (una textura harinosa del grano blando en el interior, rodeado por una textura de piedra dura). Los colores del grano son: blanco, amarillo, violeta, naranja, amarillo, rojo, rojo sol, con manchas, y marrón (Figura 16).⁷



Figura 16. Banco de Germoplasma del CIMMYT.

(Fuente: CIMMYT, 2008)

Al principio de la década de 1940, la OEE dentro del programa de maíz, realizó pruebas con cientos de muestras de maíz nativo de México, para observar sus características morfológicas, tales como: su vigor, periodo de crecimiento, adaptabilidad climática, entre otros. Después se realizó una selección para obtener variedades con características superiores, para distribuir las y plantarlas. Gracias a estos procesos, se obtuvieron variedades sintéticas e híbridas. Las sintéticas se

⁷ Referencia electrónica: <http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org>

obtuvieron de las cruzas de especies consanguíneas o simples con variedades superiores de polinización abierta. Dentro de las ventajas que estas ofrecían, era mayor adaptabilidad a diferentes climas, debido a su diversidad genética.

En 1943, investigadores mexicanos y extranjeros, de la OEE, se dieron a la tarea de recolectar y catalogar las diferentes variedades nativas de maíz, de México. En ese momento se colectaron 3000 variedades, a partir de las cuales, se desarrollaron nuevas líneas y variedades. Se eligió el germoplasma con características sobresalientes, para generar híbridos productivos en 1950 y 1960, lo cual daría origen a la Revolución Verde del maíz en México.

El mejoramiento del germoplasma de maíz desarrollado por el CIMMYT (Figura 11), se realizó tomando en cuenta una serie de características como: la altitud (tierra baja tropical, subtropical, altitud media y tierras altas), grado de maduración (extra-tardío, tardío, temprano y extra-temprano), color de grano (blanco o amarillo), textura (dentada, duro o harinoso) y uso (maíz con alta calidad proteínica, QPM).⁸

3.2.1.1 Maíz de Valles Altos

El CIMMYT trabajó en el desarrollo de maíces híbridos para valles altos, siendo el primer híbrido que se obtuvo en 1950. Pero no fue sino hasta 1985 cuando se tomó más interés, al utilizar germoplasma con tolerancia a la depresión por endocría, lo que aumentó la probabilidad de extraer líneas endogámicas vigorosas de poblaciones adaptadas a Valles Altos. Los híbridos resultantes eran capaces de tolerar el frío y contribuyeron a obtener niveles altos de heterocigosis. A la fecha, se han liberado 32 líneas endogámicas de maíz.⁹

3.2.1.2 Maíz con Alta Calidad Proteínica (Quality Protein Maize QPM)

En el caso de este grano se han hecho investigaciones sobre la calidad proteínica del maíz. En 1963, en la Universidad de Purdue, en E.U., se descubrió una raza de maíz andina, que poseía un gen con niveles altos de lisina y triptófano, al que llamarían opaco-2, debido a la apariencia opaca y amilácea de sus granos (Figura 17); su desventaja radicaba, en que estaba asociado con bajos rendimientos y susceptible a enfermedades y plagas.

⁸ Pandey, 1998. p-58

⁹ Aquino-Mercado *et al.*, 2008, p. 18

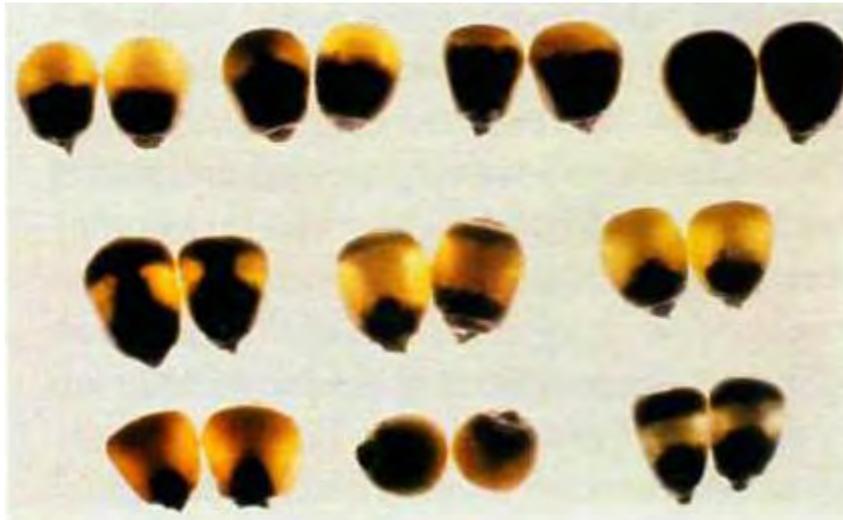


Figura 17. Maíz andino, con altos niveles de lisina y triptófano, de apariencia opaca y amilácea.

(Fuente: Aquino-Mercado, 2008)

En 1970, Surinder K. Vasal y la química Evangelina Villegas, iniciaron una serie de investigaciones con ayuda de nuevas técnicas, incorporando una serie de genes especiales que contrarrestaban los efectos secundarios del gen opaco-2, realizando estudios cada año del contenido de aminoácidos de unas 20 000 muestras. Para 1982 y 1983, por medio de genes modificadores, lograron cambiar por completo la apariencia del grano, mejoraron su rendimiento y calidad, y lo llamaron Maíz con calidad de proteína (QPM) (Figura 18).



Figura 18. Cultivos de Maíz de Alta Calidad Proteínica.

(Fuente: Aquino-Mercado, 2008)

3.2.2 Germoplasma de trigo (*Triticum* sp.)

Los registros de la domesticación del trigo se remontan hace 10, 000 a 12, 000 años atrás, sus ancestros son dos gramíneas diploides: *Sitopsis* y *Triticum uratu*, la cruce de estas especies, dio dos de las tres patas de trigo. La progenie es generalmente estéril. La cruce doble de estas dos especies da lugar a descendencia fértil conocido como dicocoides *Triticum*.¹⁰

El trigo es el cereal que pertenece a la familia *Poaceae* y es el cereal que más se cultiva en el mundo, con una producción global de más de 600 millones de toneladas producidos a partir de unos 210 millones de hectáreas en diversos países de Europa, Asia, Norte de África y las Américas. La superficie sembrada con trigo se ha duplicado en los últimos 50 años y la producción por hectárea, casi se ha triplicado. Este aumento en la producción se debe en parte a los esfuerzos de los programas de cría nacional y regional, sobre todo en el dominio público, en la producción de variedades mejoradas. El trigo también es el grano más

¹⁰ Wellhausen, 2004, p. 10

comercializado del mundo, con alrededor de 105 millones de toneladas, es decir, aproximadamente el 18% de la producción mundial de comercio cada año.

México se conoce como el centro de origen de las variedades de trigo de alto rendimiento. El objetivo de los estudios fisiológicos llevados a cabo en el CIMMYT fue el entender los factores que controlan el rendimiento bajo condiciones de temporal y de riego, y con ello colaborar con los fitogenetistas para seleccionar plantas de mayores rendimientos. En 1940, el rendimiento del trigo en México era muy bajo (de 740 kg/ha), por tal motivo se buscaba realizar un mejoramiento genético, y con ello incrementar el potencial de rendimiento y ampliar el rango de adaptación del cultivo.

2.2.2.1 Trigo Harinero de Primavera (*Triticum aestivum vulgare*)

Entre 1950 a 1973, se produjeron una serie de variedades que incrementaron su potencial de rendimiento en un 140%, bajo condiciones experimentales (Figura 19). Se distribuyeron en Asia, África y América Latina, las cuales se seleccionaron y recruzaron con variedades locales, de donde se obtuvieron variedades rendidoras.

Año de distribución en México	Nombre de la variedad	Año de cruzamiento	Rendimiento potencial ton/ha ^a	No. de genes de enanismo	Altura de planta en cm.	Calificación de enfermedades en México 1973 ^b			
						Roya del tallo	Roya de la hoja	Roya lineal	Septoria
1950	Yaqui 50	1945	3.50	0	110	TMS	20MS	10MS	MR
1960	Nainari 60	1958	4.00	0	110	10MS	5R	0	-
1962	Pitic 62	1956	5.37	1	100	100S	0	80MS	MR
1962	Penjamo 62	1956	5.87	1	100	50MS	0	80MS	MR
1964	Sonora 64	1957	5.58	2	85	20MS	70S	80S	S
1964	Lerma Rojo 64	1958	6.00	1	100	30MR	70S	70MS	S
1966	INIA 66	1962	5.63	1	100	5MR	100S	60MS	S
1966	Siete Cerros	1957	7.00	1	100	90S	80S	100S	S
1970	Yecora 70	1966	7.00	3	75	TR	20MS	20MS	S
1971	Cajeme 71	1966	7.00	3	75	TR	20MS	20MS	S
1971	Tanori 71	1968	7.00	2	90	20MR	TMR	20MS	S
1973	Jupateco 73	1969	8.00	1	95	TMR	TMR	20MS	MR

^a El rendimiento potencial se mide en las estaciones experimentales en México, bajo riego, y esencialmente libres de enfermedades. Esto no refleja los ensayos internacionales ni los ensayos en campos de agricultores. ^b Al tiempo de distribuirse, todas las variedades eran resistentes a las tres royas bajo condiciones de México. R = resistencia; S = susceptible; O = sin roya; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente susceptible; 20MS = 20% de la muestra es moderadamente susceptible, el resto es resistente; TMS = una traza de la muestra es moderadamente susceptible, el resto es resistente; TR = una traza de la muestra es resistente, el resto es susceptible.

Figura 19. Listado de variedades que incrementaron su rendimiento en un 140%.

(Fuente: Revisión de Programas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz Mejorado y Trigo, 1974)

Durante el verano de 1972, se realizaron experimentos, primeramente seleccionando 6000 líneas de trigo harinero de primavera de la colección mundial de germoplasma del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, de las cuales se seleccionaron 1000 resistentes a la Roya lineal y a Septoria, que se sembraron en el invierno, en Ciudad Obregón, Sonora. Posteriormente, se sembraron en Toluca y se obtuvieron 336 líneas que mostraron resistencia a la roya y a Septoria, y luego se cruzaron con los progenitores elite en el programa de trigos harineros, y se recruzaron, para de esta forma acumular genes de resistencia. Para 1973, CIMMYT continuó con los cruzamientos y obtuvo 4000 nuevas cruza simples, la mitad de invierno y el resto de verano. Después de tres años se finalizó la prueba del desarrollo de una multilínea (mezcla de semillas derivadas de muchas cruza) de la cruza 8156, que se probaron en 31 regiones de 19 países, donde se incluyeron 285 líneas del CIMMYT y 65 líneas del Programa de la India¹¹

3.2.2.2 Trigo Cristalino o Duro (*Triticum turgidum*)

El cultivo de trigos cristalinos representaba el 10% de la producción mundial de trigo (aproximadamente 30 millones de toneladas). En 1968, el trabajo con trigos cristalinos se orientaba al mejoramiento de la planta, pero para 1973, se desarrollaron trigos cristalinos enanos resistentes al acame y con buen potencial de rendimiento, se identificaron fuentes de resistencia a todas las principales enfermedades de los trigos cristalinos, las cuales se emplearon en un programa de mejoramiento que involucró 4000 cruza por año; sin embargo, ninguna sola variedad experimental de duros o cristalinos combinaba todavía resistencia a todas las enfermedades más importantes, se logró que los ensayos de trigos cristalinos del CIMMYT se sembraran en más de 30 países.¹²

3.2.2.3 Triticale (*Triticum secalecereale*)

El triticale es un híbrido entre un trigo harinero (con seis pares de cromosomas) y centeno (dos pares de cromosomas), el cual presentaba un grano arrugado, en un principio era estéril, era susceptible al acame y tenía bajos rendimientos, pero después lograron duplicar sus cromosomas. Con el tiempo esta especie se logró mejorar hasta lograr altos rendimientos.

En 1965, el CIMMYT y la Universidad de Manitoba, Canadá, rompieron la barrera del triticale al fotoperiodo, ya que pudieron desplazarlo a otras latitudes. En 1968, se logró casi la fertilidad completa de una nueva línea mutante del entrecruzamiento accidental en México, entre un campo del CIMMYT de triticale hexaploide y un campo vecino de trigo harinero, también hexaploide, de las que encontraron 29 espigas fértiles, y se retuvo la progenie de seis u ocho de estas espigas, a las que se llamó Armadillo, cuyas características principales eran: fértil, con un gen de enanismo y el mejor tipo de planta, en comparación a otras variedades de triticales.

¹¹ Revisión de Programas del CIMMYT, 1974, p. 29

¹² Revisión de Programas de CIMMYT, 1974, p. 11

Para 1972, se buscaba resolver el problema del grano arrugado, por lo que un grupo de investigadores examinaron 600 000 plantas sembradas en 6000 surcos dobles en la Ciudad de Obregón, Sonora; de las cuales, 15 000 plantas parecían tener el grano más lleno y se trillaron a mano; de éstas se descartaron el 90% y se retuvieron 2250 para su mejoramiento, lo que tomó 15 días. Las plantas con grano lleno se utilizaron para hacer cruza simples con líneas de elite de triticales en el ciclo de invierno de 1971-73. La cosecha del invierno de 1973 obtuvo triticales de grano más lleno. La culminación de este proyecto terminó en 1973, al obtener un triticales mejorado, gracias a las cruza entre centenos de invierno y triticales de primavera, estas variedades poseían mayores rendimientos por hectárea.¹³

3.2.2.4 Otras variedades realizadas por el CIMMYT

Salamanca S75. Dentro de las variedades desarrolladas de trigo, se encuentra Salamanca S75 (liberada en 1975). Posee alto rendimiento y resiste a las variedades de roya lineal (amarilla) existentes en el área. Su calidad molinera es buena cuando se mezcla con otras variedades, sirve para producir harinas de buena calidad que satisfacen las necesidades de panificación de la región del Bajío. La realización de esta variedad requirió de ocho años, y su costo fue de \$457.7 millones de pesos, mientras que los beneficios económicos obtenidos de esta variedad fueron \$38 mil pesos a precio del año 2002.

Júpare C2001. Es una variedad de trigo cristalino o macarronero que se desarrollo debido a la necesidad de crear una variedad que fuera resistente a la roya de la hoja. Se trabajó de 1996 al 2000, los beneficio económicos que generó fueron 511.9 millones de pesos del año 2002.

Saturno S86. La variedad Saturno S86 se realizó dentro del Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del Campo Experimental del Bajío del INIFAP. En los años 1980's, se utilizó la variedad Saturno S86 en la región del Bajío, ya que ofrecía varios beneficios como: es 5% más tolerante al acame y con menor susceptibilidad a la roya de la hoja que Salamanca S75. En el desarrollo de esta variedad se requirieron 10 años de investigación, con un costo de 163.1 millones de pesos a precios del año 2002.

¹³ *Ibid.*, p. 20

4. LA REVOLUCIÓN VERDE

La Revolución Verde es un suceso histórico que inicia en los años 1940. Antes de la llegada de la Revolución Verde, México experimentaba una situación crítica en el agro-mexicano. Se tienen datos que entre un 50 y 70% de la población se dedicaba a la agricultura, pero a pesar de ello, México no era autosuficiente en el cultivo de cereales básicos para el consumo de su población, ya que sus suelos estaban muy deteriorados, carecían de nutrientes, por lo que sus rendimientos eran muy bajos, lo que traía como consecuencia que el hambre y la pobreza prevalecieran.¹ Esto condujo a la importación de varias toneladas al año de cereales como maíz, trigo, por mencionar algunos.

La Revolución Verde llegó a México en el sexenio de Ávila Camacho, al consolidar el Programa Agrícola Mexicano con el apoyo de Fundación Rockefeller y el gobierno mexicano. Esta traería consigo la introducción de un “paquete tecnológico”,² es decir la introducción de maquinaria, semilla, fertilizantes, herbicidas y pesticidas. Gracias a este paquete se alcanzaría un incremento en la producción de los principales cultivos de cereales (arroz, trigo, maíz, entre otros) en varias regiones del mundo, especialmente en Asia y América Latina y mejoraría las condiciones de vida de millones de personas en los países en vías de desarrollo.

Al aplicar este paquete, se logró nutrir al suelo por medio de los fertilizantes y obtener cultivos con mayores rendimientos, también se consiguió disminuir el problema de las plagas con el uso de plaguicidas, que hasta entonces había sido un problema que en ocasiones provocaba la pérdida de un gran número de cultivos.

El papel que desempeñaría la ENA durante esta revolución sería el perfeccionamiento de distintas metodologías de análisis experimental, logrando avances en la obtención de material genético con alto rendimiento, en la fertilización de suelos y en el combate de plagas.³

4.1 Norman Ernest Borlaug padre de la Revolución Verde en México

El fitopatólogo Norman Ernest Borlaug nació el 25 de marzo de 1914 en Iowa en Estados Unidos y murió el 12 de septiembre del 2009. Estudió la licenciatura en Ciencias Forestales y su maestría y doctorado en patología vegetal y genética en la Universidad de Minnesota en 1942. En 1944, fue comisionado a México como fitomejorador y fitopatólogo en el Programa de la Fundación Rockefeller. A su llegada a México, el Dr. Borlaug, comenzó a trabajar en el Programa Agrícola Mexicano (Figura 17).⁴

¹ Magdan, 1995, p. 41

² Harwood, 2009, p. 384, 385

³ Anaya *et al.*, 2004, p. 156

⁴ Magdan, 1995, p. 37

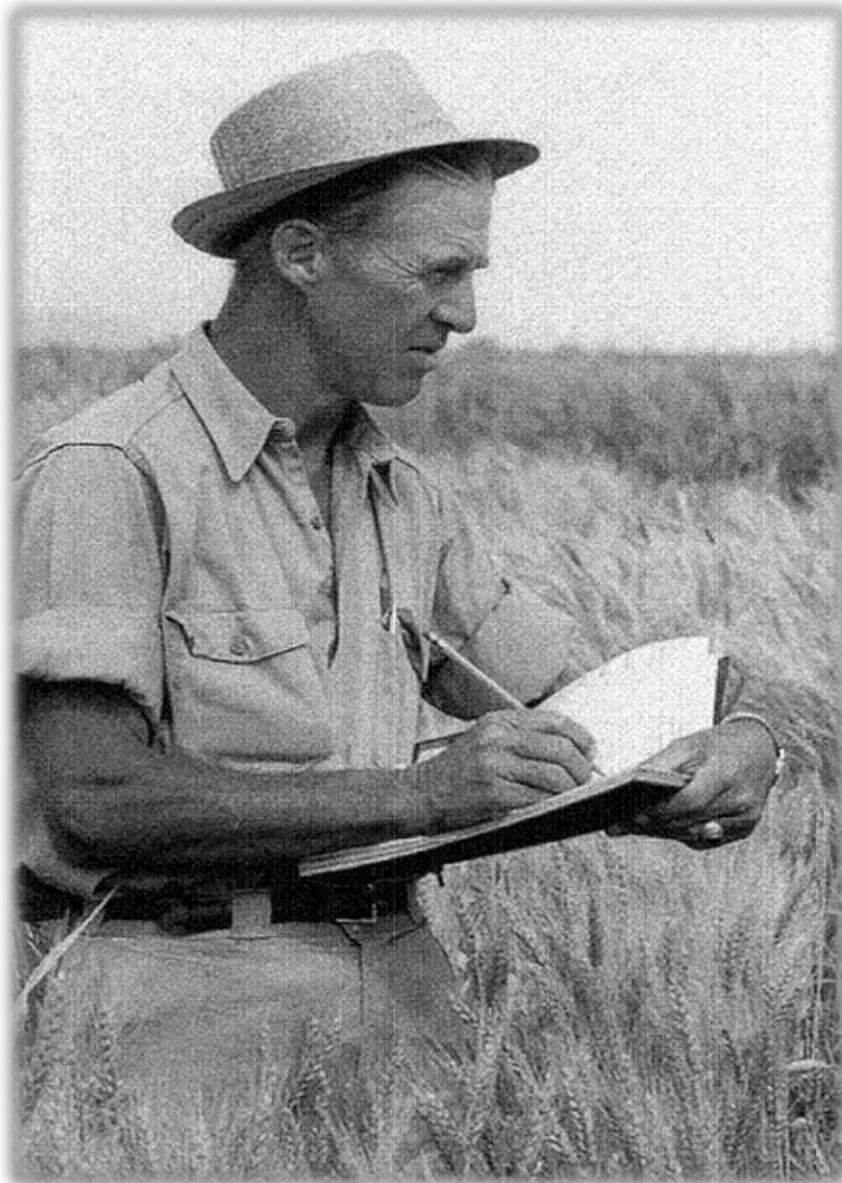


Figura 20. El Dr. Borlaug, desde 1944 comenzó a trabajar en el Programa Agrícola Mexicano.

(Fuente: Aquino- Mercado et al., 2008)

Las autoridades de nuestro país tenían poca fe en el potencial de los suelos mexicanos para la producción de trigo. Se suponía que México carecía de suelos y climas adecuados para este cultivo. Desde entonces, Borlaug dedicó su vida a lograr lo que llegaría a conocerse como “la Revolución Verde”. Este movimiento ha hecho posible mejorar las condiciones de vida de millones de seres humanos que viven en países en vías de desarrollo. Norman Borlaug, el investigador más prominente de la Fundación Rockefeller en la OEE, y su equipo de colaboradores mexicanos, dedicaron 20 años al desarrollo de variedades semienanas de trigo, que se logró a través del cruzamiento los trigos locales con trigos japoneses del género Norin, por medio de este proceso se logró incorporar los genes del enanismo, esta nueva variedad de trigo aprovecharía de manera más eficiente su energía al lograr

un mejor llenado del grano y menor altura y producción de hojas; estas superarían a las variedades criollas que tradicionalmente se cultivaban en México, pues poseían un gran potencial de rendimiento, resistían la roya del tallo (un grave problema del trigo en aquella época) y no se acamaban con la aplicación de fertilizantes. Con los rendimientos producidos por las nuevas variedades, para finales de la década de 1950, México era autosuficiente en la producción de trigo. Al iniciarse la década de los 60, el Dr. Norman Borlaug, evaluó la situación y las necesidades de los programas nacionales de trigo en el Norte de África y en el Cercano Oriente. Asimismo señaló que era necesario introducir el germoplasma semienano y las tecnologías de producción a esos países. En 1967, las variedades de trigos semienanos y sus derivados se sembraron en una superficie de más de 7, 457, 000 ha en la región triguera de Asia y el Cercano Oriente, además de haberse sembrado en una vasta superficie en Guatemala, el Suroeste de los Estados Unidos, el Norte de Sudáfrica, Rodesia, Kenia y en varios países de Europa.

En muchas regiones del mundo, especialmente en Asia y América Latina, la producción de los principales cultivos de cereales (arroz, trigo y maíz) se duplicó con creces. También aumentó mucho la producción de otros cultivos. La gran contribución a la revolución agrícola de las variedades mejoradas de alto rendimiento, resistentes a las enfermedades y con alta respuesta a los fertilizantes, es que produjo un aumento espectacular de la producción triguera en México, India, Pakistán y Turquía. Los trigos enanos mexicanos tuvieron un notable impacto en dichas regiones. Por estas razones al Dr. Norman Borlaug se le dio el Premio Nobel de la Paz en 1970.⁵

4.1.2 La polémica sobre la Revolución Verde

De lo que podemos estar seguro es que La Revolución Verde es un movimiento pacífico que trajo como consecuencia la introducción de un “paquete tecnológico” a países de tercer mundo, que como es de esperarse traería consigo aspectos positivos y negativos.

Uno de los trabajos que menciona los aspectos negativos y positivos de este tema es el de Bonifacio Contreras en su obra titulada “Revolución Verde, nuevamente a la mesa de debate”, donde habla sobre diversos autores que muestran su apoyo o repudió a la llegada de la Revolución Verde. El autor hace énfasis en que este movimiento trajo consigo la fragmentación del campo mexicano, debido a que el gobierno de esa época solo benefició por medio de insumos a tres estados de la República: Sonora, Sinaloa y Tamaulipas, dejando en el descuido al resto de los campesinos. Esto generaría el surgimiento de una burguesía rural, otorgándoles privilegios, adquisición de bienes y riquezas, mientras que el resto de los campesinos serían cada vez más pobres. Hernando Pacheco menciona que “Debajo de la Revolución verde estaba y esta el poder tecnológico. La Revolución Verde requería, para su utilización real, un incremento de los fertilizantes y un aumento de los sistemas de riego. Ambas cosas, una revolución infraestructural y una forma superior de la organización de la tierra. Se

⁵ Aquino-Mercado *et al.*, 2008., p. 9

hizo en la India y en otros países. Se aumentaron las producciones, se eliminó y despojó a los campesinos, se destruyeron sus parcelas, se amplió el paro rural y en los últimos años, la Nueva Creciente Fértil –la Revolución Verde- se transformó en el Hambre Institucionalizada. El Hambre Institucionalizada es el reino natural de nuestra vida cotidiana...”⁶. Uno de los autores que opina que la Revolución Verde fue favorable para México, es Edmundo Flores: “Así llegaron las grandes reformas agrarias del futuro, que redistribuirán el ingreso, tierra, posición social y poder. Después de esta sobrevendrán la política de ocupación plena en la industria y los servicios modernos y la organización de sociedades basadas en una verdadera equidad, porque la abundancia de alimentos permitirá construir la infraestructura, las instalaciones, las ciudades, las escuelas, universidades y centros de investigación que hagan falta sin temores atávicos al racionamiento y a la inflación”.⁷ Este autor muestra su apoyo hacia la Revolución Verde. Una cosa que llama la atención es que Contreras hace referencia a que la Revolución Verde institucionalizó el hambre en los países de tercer mundo.

Otro autor que menciona los aspectos negativos de este suceso histórico es Gaona, A.L., 1998. En primera instancia habla una separación marcada entre los la clase agraria, ya que esto no llegaría a la clase pobre de este sector, debido a los costos que generaba el uso de este paquete, lo que condujo a un empobrecimiento y disminución en el nivel de vida de los productores, al endeudarse con el Banco de Crédito Ejidal para adquirir semillas, fertilizantes, herbicidas y pesticidas, que en algunas ocasiones no eran adecuados y no se les proporcionaba asesoría técnica, lo que traería como consecuencia la emigración del campo a la ciudad.

4.2 La Fundación Rockefeller

La Fundación Rockefeller, ocupa el segundo lugar en importancia mundial, por sus labores filantrópicas y tiene a su cargo proyectos de investigación sobre educación, salud y bienestar público; sus fondos provienen del grupo Rockefeller, el cual lo integran un consejo de administradores (directores y gerentes, con amplios intereses) y un cuerpo de profesionales, que tienen un papel de suma importancia en esta fundación. Este equipo valora el manejo detallado de la actuación práctica y analiza los resultados de modo que los programas futuros puedan beneficiarse de la experiencia pasada.⁸ Además de ofrecer un amplio programa de becas a estudiantes de todo el mundo.

Esta Fundación se encuentra en Washington, Estados Unidos tiene su propio juicio político con referencia a la política de ese país, así como su propia escala de valores y prioridades. Debido a esta posición, la Fundación tiene la oportunidad de acometer a largo plazo, cuestiones difíciles y controversiales, abordadas desde su peculiar gama de intereses.

La Fundación Rockefeller tiene gran influencia en la política norteamericana interna y externa. Este grupo tiene fuertes intereses económicos en América

⁶ Pacheco, H. En: Contreras B.

⁷ Flores, E. *et al.*, En: Contreras, B.

⁸ *Ibid.*, p. 29

Latina y consecuentemente tiene una influencia considerable en la vida política y económica en los países de la región.⁹

De 1972 a 1980, la FR donó a México un total de \$4 347 605.00 dls., lo cual representó el 24.5% del total de donaciones otorgadas a los países de América Latina y el Caribe. La donación efectuada en ese periodo se dividió en cuatro áreas del conocimiento: a) Desarrollo Rural y Agrícola, se le otorgó el mayor porcentaje, 71.3% (\$3 100 225.00 dls), b) Educación 15.8%, c) Ciencias Sociales 6.7% y d) Ciencias de la Salud 6.2%. Dentro del Desarrollo Rural y Agrícola el monto otorgado se repartió en cuatro Sub-áreas de Conocimiento: a) Desarrollo Rural, 5.2%, b) Tecnología Alimenticia, 7.5%, c) Tecnología Agrícola, 22.8% y d) Comunicaciones en el Desarrollo Rural y Agrícola, 3.7% Existen cinco Receptores en México: a) Centros de Investigación, 70%, b) Universidades Públicas, 12.4%, c) Organismos Privados, 7.2%, d) Universidades Privadas, 5.8% y e) Organismos Gubernamentales, 4.6%.¹⁰

4.2.1 La controversia sobre la Fundación Rockefeller

Algunos autores, ponen en tela de juicio la Fundación Rockefeller, ya que con base a su labor filantrópica, ejerce un medio de control social, sobre los países en vías de desarrollo y es un instrumento en el consenso, por un lado, en las élites social y política, y por el otro, los intereses académicos.¹¹ Es importante señalar la opinión de Hewitt (1973): “los funcionarios de los gobiernos de Ávila Camacho y Alemán con frecuencia hacían referencia a su interés en remodelar la agricultura mexicana según los lineamientos norteamericanos, en la época en que las publicaciones de la Fundación Rockefeller hablaban de la importancia de exportar a México los métodos agrícolas estadounidenses”.¹² Sin importar la postura que se tenga sobre la función de la FR en México, es importante señalar que ha jugado un papel importante, pues gracias al apoyo económico a la investigación de la genética agrícola en México, se creó primero el Programa Agrícola Mexicano, y posteriormente el CIMMYT, donde se le daría continuidad a estos proyectos.

⁹ *Ibid.*, p. 30

¹⁰ *Ibid.*, p. 57:59

¹¹ Kay, 1993, p. 28

¹² Stackman E. C. *et al*, 1967 y R. Shaplen, 1974. En: Hewitt, 1988.

5. PANORAMA ACTUAL DEL CIMMYT

Para terminar este trabajo se mencionara los aspectos recientes del CIMMYT, del banco genético del maíz y trigo que esta institución posee y sobre sus publicaciones.

Desde su creación ha tenido una **misión** muy clara de investigación, servir como catalizador y líder en una red mundial de investigación sobre el maíz y el trigo, en beneficio de los países pobres y en vías de desarrollo. Se apoya en investigaciones científicas sólidas y asociaciones colaborativas, para generar, compartir y aplicar conocimientos y tecnologías que aumenten la seguridad alimentaria, mejoren la productividad y la rentabilidad de los sistemas agrícolas, y conserven los recursos naturales”.¹

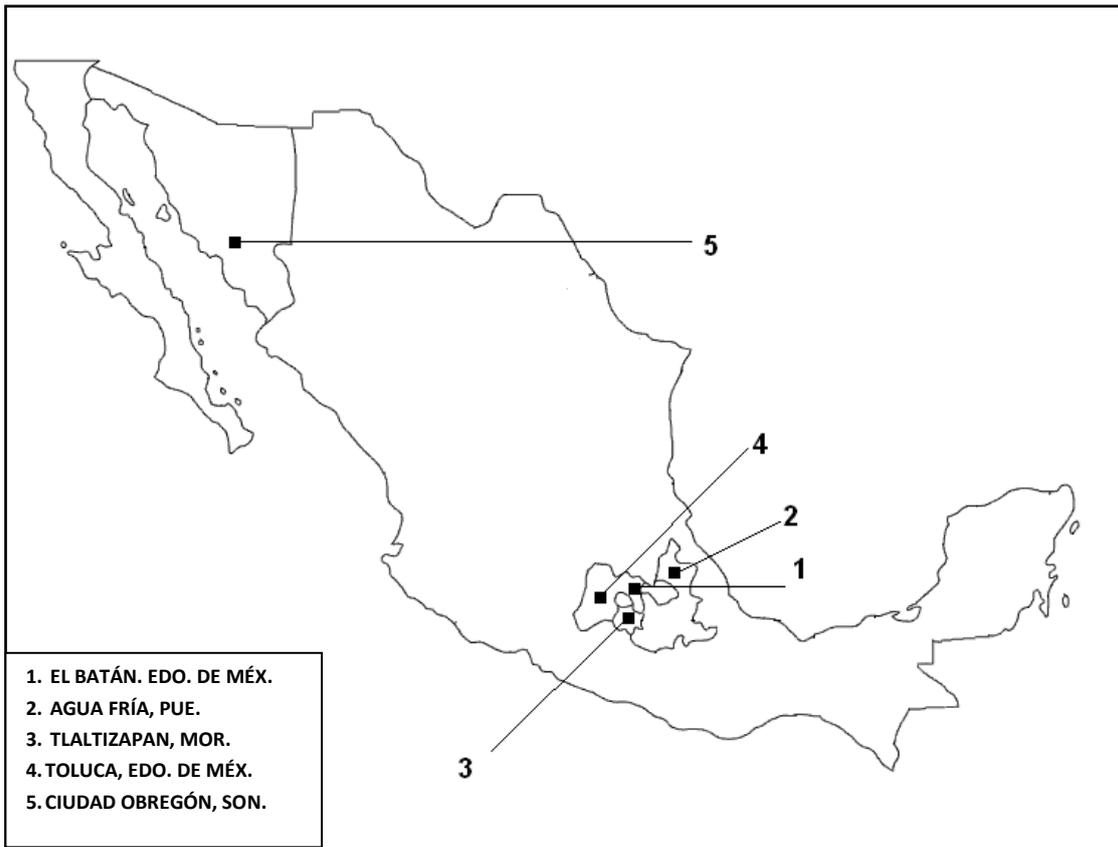
Hasta el 2008, se cuentan con registros que el CIMMYT esta conformado por 100 científicos procedentes de 40 países, 500 miembros de apoyo. Las acciones del CIMMYT tienen varios patrocinadores tanto nacionales como extranjeros; los Estados Unidos, Japón, Suiza, la Comisión Europea, la Fundación Rockefeller y el Banco Mundial. El gobierno de México, al igual que los gobiernos de otros países donde el CIMMYT tiene oficinas, aporta al Centro recursos importantes para proyectos especiales y fondos no restringidos que hacen posible mantener la flexibilidad y fomentar la innovación en nuestras investigaciones.²

Hoy por hoy, el CIMMYT lleva a cabo actividades de investigación y capacitación en cinco estaciones experimentales situadas en México (Mapa 2), incluyendo la sede localizada en el Batán (Figura 18). La elección de estos lugares se basó en la diversidad agroclimática; en las cuatro estaciones se siembran cultivos experimentales durante todo el año en condiciones representativas de una gran cantidad de ambientes del mundo en los que se cultivan el maíz y trigo.³

¹ Referencia electrónica de CIMMYT <http://www.cimmyt.org/spanish/wps/about/index.htm>

⁵¹ Aquino-Mercado *et al.* México y el CIMMYT, p. 9

³ Magdan, C., 1995



Mapa 2. Las cinco estaciones experimentales del CIMMYT (Mapa realizado por Melo, K.E., 2010)

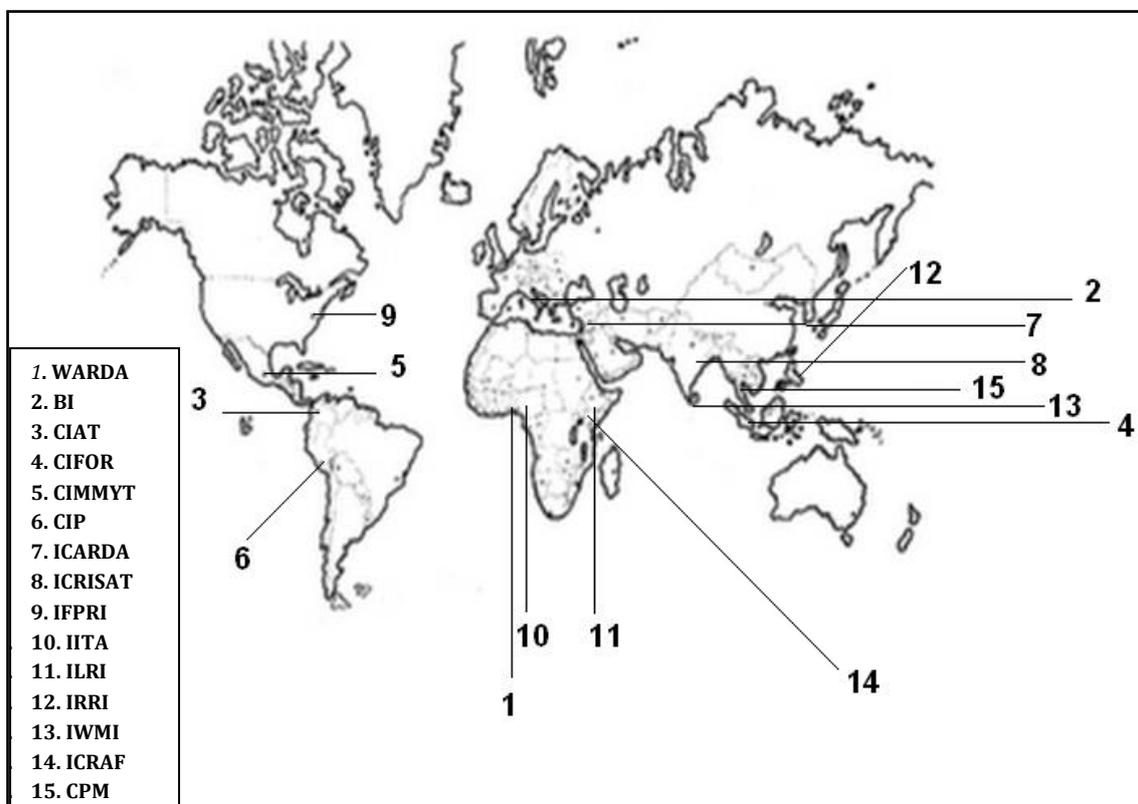
(Fuente: CIMMYT, 2010)



Figura 18. Estación del CIMMYT, ubicada en El Batán, Texcoco

(Foto tomada por Melo, K.A.)

El CIMMYT es uno de los 15 centros internacionales (Mapa 3) que fueron realizados gracias a la ayuda del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), este centro en especial se encarga de la investigación sobre maíz y trigo.



Mapa 3. Son los 15 Centros apoyados por el CGIAR: 1. WARDA (Centro del Arroz para África en Cotonou, Benín); 2. BI (Bioversidad Internacional, en Maccarese, Roma, Italia); 3. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, en Cali, Colombia); 4. CIFOR (Centro de Investigación Forestal Internacional, en Bogor, Indonesia); 5. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, en Texcoco, Edo. de México, México); 6. CIP (Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú); 7. ICARDA (Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas, en Aleppo, Siria); 8. ICRISAT (Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para Zonas Tropicales Semiáridas, en Patancheru, Andhra Pradesh, India); 9. IFPRI (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, EN Washington, D.C., EU); 10. IITA (Instituto Internacional de Agricultura Tropical, en Ibadan, Nigeria); 11. ILRI (Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias, en Nairobi, Kenya, y Addis Abeba, Etiopía); 12. IRRI (Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, en Los Baños, Filipinas); 13. IWMI (Instituto Internacional para el Manejo del Agua, en Colombo, Sri Lanka); 14. ICRAF (Centro Internacional de Investigación en Agroforestería, en Nairobi, Kenya); 15. CPM (Centro Piscícola Mundial, en Penang, Malasia). (Mapa realizado por Melo, K.E.)

(Fuente: CGIAR, 2010)

5.1 Banco genético de maíz y el trigo

En el banco de germoplasma del CIMMYT se posee una colección de 24,000 muestras de semilla de maíz, catalogada como la colección más grande del mundo de razas criollas y muestras de parientes silvestres del maíz (teocintle y *Tripsacum*) y de variedades mejoradas. Los primeros esfuerzos para formar estas colecciones, que ahora representan el 90% de la diversidad del maíz en las Américas, fueron fruto del proyecto Rockefeller-México de los años 1950s. De la misma forma, el CIMMYT conserva y maneja 150,000 colecciones únicas de semilla de *Triticum* (trigo y sus parientes y ancestros) provenientes de más de 100 países que representa la colección unificada de un solo cultivo, más grande del mundo. El Centro mantiene estas colecciones en colaboración con otras instituciones en todo el mundo, consideradas patrimonio de la humanidad, y con prohibición para ser patentadas o limitar por cualquier medio su libre distribución.

Expertos del INIFAP y del CIMMYT llevan más de una década de colaboración en estudios en el sureste de México sobre el manejo y la conservación de razas indígenas y las variedades criollas de maíz, contribuyendo sustancialmente a la mejor comprensión de los mecanismos de manejo de los recursos genéticos de cultivos locales, así como de quienes se dedican a él y de los retos que enfrentan.⁴

5.2 Publicaciones del CIMMYT

Las investigaciones generadas por el CIMMYT, se divulgan en forma de ponencias publicadas en memorias de conferencias, cursos y talleres; capítulos de libros, boletines y documentos de trabajo del Centro. En el caso de México, el número de publicaciones que se han realizado hasta el 2003 218 (figura 19). Son más de 150 las que informan resultados de estudios en diferentes disciplinas, directamente relacionados con las investigaciones de los cultivos de trigo y maíz en México.⁵

Áreas	Número de artículos
Trigo	90
Maíz	87
Biometría y estadística	14
Labranza de conservación	13
Cebada, triticale y otros	14
Total	218

Figura 19. Artículos por área de investigación de 1968 a 2003

(Fuente: Aquino- Mercado *et al.*, 2008)

⁴ Mercado- Aquino *et al.*, 2008, p. 2

⁵ *Ibid.* 2008, p. 38

Desde la conformación de CIMMYT, los científicos del Centro han publicado un gran número de artículos con arbitraje sobre trabajos de investigación realizados en México (figura 19), sobre todo trabajos en colaboración con científicos de diferentes instituciones de investigación a lo largo del país.

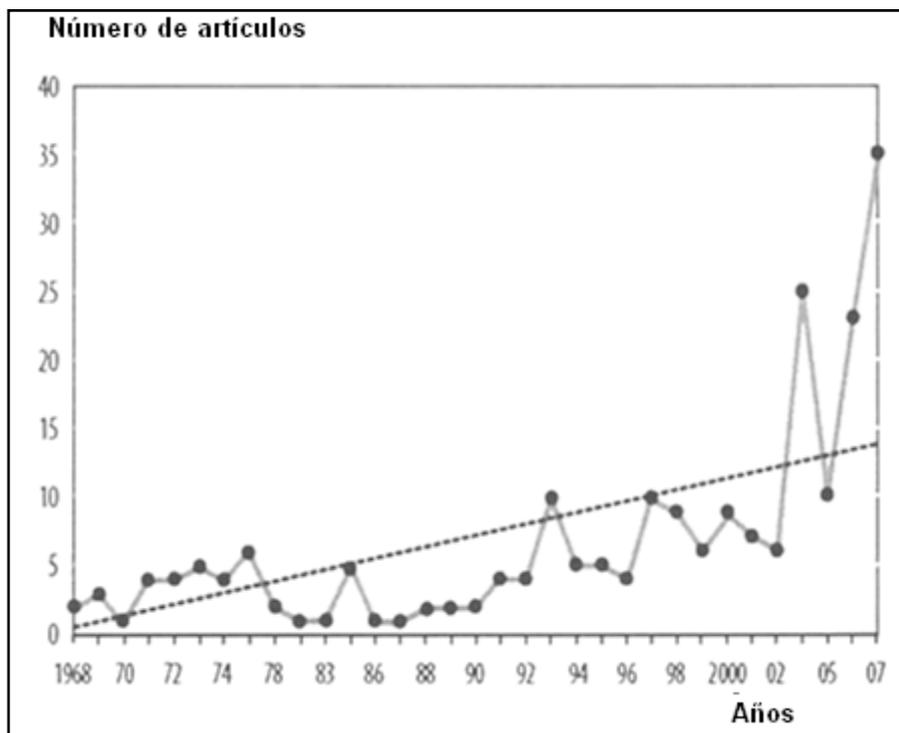


Figura 20. Número de artículos publicados anualmente de 1968 al 2003 en el CIMMYT.

(Fuente: Aquino- Mercado et al., 2008)

5.3 Colaboradores del CIMMYT y su experiencia en la institución

El CIMMYT se ha caracterizado por ser un centro de investigación, además de ofrecer adiestramiento a investigadores con el fin de llevar el conocimiento a todas partes del mundo.

Existen numerosos investigadores que han trabajado por varios años en dicha institución de los cuales muchos han sido beneficiados por becas para estudiar en el extranjero. En esta sección hablaré de tres investigadores que llevan varios años trabajando en CIMMYT; dos de ellos son especialistas en trigo el Dr. Arnoldo Amaya (actualmente es consultor de CIMMYT) y el Dr. Javier Peña, y el M. en C. especialista en maíz.

Entrevista con el Dr. Arnoldo Amaya

¿Qué tipo de investigación realizaba?

El Dr. Arnoldo Amaya llegó en 1958 al CIMMYT, ocupando el puesto de Coordinador de trabajos de campo en el Laboratorio de Mejoramiento de Trigo con la Dra. Villegas Chacón, “mi trabajo fue básicamente en el campo, realizando cruza y selección de cereales, además de supervisar la molienda y la panificación del trigo”. En 1970 al regresar de su doctorado, ocupó el puesto de Jefe de Calidad Industrial, y a partir de ese momento colaboró 30 años, hasta el 2001; actualmente es consultor del CIMMYT. Cuando el Dr. Arnoldo Amaya llegó a CIMMYT, el Dr. Borlaug estaba al frente del Programa de Mejoramiento de Trigo, a su cargo estaban 12 investigadores, entre los que podemos nombrar además, el Dr. Santiago Fuentes y el Dr. Rodríguez en el Laboratorio de Fitopatología; el Dr. Frank Toski en el laboratorio de trigo y centeno; el Dr. Marcos Quiñones en el laboratorio de trigos duros (conocidos como “macarroneros” poseen 14 cromosomas); el Dr. Sanijaja Raraka en el laboratorio de trigo harinero (poseen 21 de cromosomas). Su trabajo fue básicamente en el campo, realizando cruza y selección de cereales, además de supervisar la molienda y la panificación del trigo. Toda la información obtenida se les proporcionaba a los fitomejoradores, para que posteriormente ellos trabajaran sobre estos resultados.

¿A dónde va esta investigación?

Toda la información obtenida se les proporcionaba a los fitomejoradores, para que posteriormente ellos trabajaran sobre estos resultados.

Ha publicado en revistas nacionales e internacionales como: *Cereal Chemistry*, *Cereal Science*, *Food Agriculture* (Entrevista realizada el 20 de noviembre del 2008).

Entrevista con el Dr. Roberto Javier Peña Bautista

¿Qué tipo de investigación realizaba?

Estudió la relación entre el control genético de la composición y funcionalidad del grano, además de identificar la composición del gen de mayor calidad por medio de análisis bioquímicos, químicos y reológicos.

¿A dónde va esta investigación?

Los resultados de la investigación que realizó pasaba a manos de los fitomejoradores para que ellos continúen con la investigación.

Ha publicado 67 artículos en revistas como: *Euphytica*, *Journal of Cereals Science*, *Cereal Chemistry*, *Journal of Agronomy*, *Theoretical and Applied Genetics*,

Genetics Resources and Crop Evolution, Science Food Agriculture, Fitotecnia, Agrociencia, Agricultura Técnica en México, Acta Agronómica Sinica, Revista Mexicana de Fitopatología, por citar algunos. (Entrevista realizada el 4 de diciembre del 2008).

Entrevista con M. en C. José Luis Torres Flores

¿Qué tipo de investigación realizaba?

“Inicié como asistente de investigación el 22 de Octubre de 1984 trabajando en la unidad de respaldo a cargo del Dr. Hugo Córdova. En dicha unidad el objetivo principal era mantener la diversidad genética de maíces tropicales y subtropicales, así mismo identificar y seleccionar las familias superiores dentro de cada material (pools). Sirviendo de apoyo a las demás unidades de maíz. Poco tiempo después (1985) pasé a formar parte del equipo del Subprograma de Valles Altos a cargo del Dr. James E. Lothrop (1993), donde se trabajó principalmente en el mejoramiento intrapoblacional utilizando la selección recurrente de Hermanos Completos y selección de Medios Hermanos. Dicho mejoramiento poblacional se ha aplicado a cuatro poblaciones de valles altos, para obtener características deseables propias de tierras altas tales como rendimiento, tolerancia a endocría, arquitectura de la planta, buen anclaje de raíces, resistencia a enfermedades etc. “

¿A dónde va esta investigación?

El mejoramiento interpoblacional en la cual se están desarrollando varias líneas, tiene como objetivo el formar nuevas variedades sintéticas e híbridas y, así poder determinar los patrones heteróticos necesarios que marca el programa. Y en un futuro cercano, contar con líneas genéticas con tolerancia a la endocría, libres de genes deletéreos y poder eventualmente formar híbridos con alto rendimiento y buenas características para cada región dentro de cada grupo heterótico.

El Mtro. Torres solo publica para México, aunque sus publicaciones están disponibles para todo el mundo. Estas son algunas de las revistas en las que ha publicado ha publicado en revistas como: *Revista Fitotécnica Mexicana, Agricultura Técnica*. (Entrevista realizada el 1 de abril del 2009).

CONCLUSIONES

La historia de la creación de la Escuela Nacional de Agricultura, tiene una enorme importancia en esta investigación, ya que es la primera escuela de enseñanza agrícola, que pese a la difícil situación política de México, posterior a la lucha de Independencia, a mediados del siglo XIX se logra su consolidación. Además de ser la institución que vio nacer a uno de los pioneros mexicanos de genética agrícola, el Ing. Agrónomo Edmundo L Taboada, quien escribiera el primer libro de genética, donde incluiría la explicación de principios centrales de la genética como las leyes de Mendel, algunas definiciones como mutación, genotipo, por mencionar algunas, pero sobre todo quien desarrollaría una de las primeras variedades mejoradas, el maíz estabilizado.

La introducción de la genética en México se da en los años 1930s y 1940s, donde se resalta el papel de dos instituciones que efectuarían de manera paralela programas de investigación agrícola, la Oficina de Estudios Especiales respaldada por la Fundación Rockefeller, y el Instituto de Investigaciones Agrícolas encabezado por el Ing. Agrónomo Edmundo Taboada, que a pesar de sus diferentes fines políticos, tenían como meta mejorar los cultivos para combatir la crisis agrícola que se había manifestado desde hace varios décadas atrás.

A principios de 1940, surgió el Programa Agrícola Mexicano, como resultado de la cooperación del gobierno mexicano y la Fundación Rockefeller, con el único fin de resolver el déficit alimenticio y la crisis agrícola. Pero no sería hasta 1966, cuando se crea el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, que por más de cuatro décadas ha implementado programas en diferentes regiones del mundo, adecuándolos a las necesidades alimenticias de cada región.

Con estos programas se han logrado obtener variedades mejoradas e híbridos de trigo y maíz resistentes a plagas y enfermedades (en el caso del trigo, plagas como la roya, chahuixtle del tallo y hoja, y Septoria; y en el maíz variedades resistentes al acame), además estos granos se han seleccionado por su gran valor nutricional, y son específicos para cada región.

Pese a las opiniones tan divididas que se han dado acerca del papel de la Fundación Rockefeller en México, es importante señalar que gracias a ella se llevó a cabo la construcción del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el cual es uno de los pioneros en cuanto al desarrollo de la genética en la agricultura, gracias a la investigación y mejoramiento de especies importantes dentro de la economía mexicana.

La Revolución Verde es un suceso que marcaría el desarrollo de la genética en México a partir de los años 1940's, al introducir un paquete tecnológico (semilla mejorada, maquinaria y fertilizantes), lo que sería el comienzo de una nueva era en la modernización del campo mexicano.

Cuando CIMMYT se creó tenía como objetivo central combatir el déficit alimentario, por lo que sus investigaciones iban encaminadas a obtener cultivos

con mayores rendimientos, resistencia a plagas y enfermedades y con mayor valor nutritivo, fue a partir de ese momento que este instituto ha tratado de disminuir el hambre no solo en México sino en varios países subdesarrollados y en pobreza extrema, como es el caso de los países africanos. Actualmente se están desarrollando variedades resistentes a los cambios en el clima ocasionados por el calentamiento global, las hambrunas y los desastres en varios países del mundo. El CIMMYT ha contribuido con la capacitación de centenares de científicos de diversas nacionalidades, con el fin de aplicar conocimiento teórico en problemas prácticos dentro de sus respectivos países.

APÉNDICES

Dr. Arnoldo Amaya

El Dr. Arnoldo Amaya realizó sus estudios de licenciatura en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila”, en 1958 obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo; en 1962 concluyó sus estudios de maestría en Mejoramiento y Tecnología de Cereales, en la North Dakota State University, y 1969 terminó sus estudios de Doctorado en la misma universidad.

En 1958 llegó al CIMMYT, ocupando el puesto de Coordinador de trabajos de campo en el Laboratorio de Mejoramiento de Trigo con la Dra. Villegas Chacón. En 1970 al regresar de su doctorado, ocupó el puesto de Jefe de Calidad Industrial, y a partir de ese momento colaboró 31 años, hasta el 2001. Actualmente, colabora como consultor.

Lista de Publicaciones

1. Lebsock, K.L. y **A.A., Amaya**, 1969. *Variation and covariation of agronomic traits in durum wheat*. Crop Science. Vol. 9 p-372:375.
2. **Amaya, A.A.**, Busch, R.H. y K.L., Lebsock,, 1972. *Estimates of genetic effects of heading date, plant height, and grain yield in durum wheat*. Crop Science. Vol. 12. p-478:481.
3. Espericueta, T., Ortiz, J. y **A.A., Amaya**, 1973. *Influencia de distintos niveles de fertilizantes nitrogenados sobre el caracter panza blanca de Triticum durum Desf. y sus relaciones con la calidad industrial*. Agrociencia (11) p: 105-116.
4. **Amaya, A.A.**, 1973. *Durum wheat quality*. Wheat, Triticale and Barley Seminar; El Batan, Tex. (Mexico); 22-26 Jan 1973. *Anderson, R.G. (ed.). Mexico, DF (Mexico); CIMMYT*.
5. **Amaya, A.A.**, 1973. *Quality: Industrial and nutritional*. Wheat, Triticale and Barley Seminar; El Batan, Tex. (Mexico); 22-26 Jan 1973. *Anderson, R.G. (ed.). Mexico, DF (Mexico); CIMMYT*.
6. Quiñones, M.A., Varughese, G. y **A.A., Amaya** 1973. *Breeding for yield, yield stability, disease resistance and quality in the CIMMYT Durum program*. Paper presented at the Symposium of Genetics and Breeding of Durum Wheat; Bari, Italia; 14-18 May 1973 p. 311-312.
7. **Amaya Celis, A.A.** y E., Villegas. 1979. *Consideration of the use of wheat and maize flour mixtures for bread making*. Paper presented at the Workshop on Processing, Utilization and Marketing of Maize; New Delhi; 19-22 Mar 1979.
8. Peña, R.J. y **A.A., Amaya**, 1980. *Triticale: Un nuevo cereal en desarrollo*. Panagra. Vol. 8 (76). p- 45:50.
9. Zillinsky, F.J. y B. y **A.A., Amaya**, 1980. *Triticale: Adaptation, production and uses*. Span Vol. 23 (2). p-83:84.
10. Varughese, G., Vazquez, G. y **A.A., Amaya**, 1982. *International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) and its role in the durum improvement*. Monografie Genetica Agraria. Vol. 5. p- 187-200.

11. Villegas, E., **Amaya, A.A.** y S.K., Vasal, 1983. *Use of wheat and maize flour mixtures for different food products*. Paper presented at the Silver Jubilee Meetings; New Delhi, India; 21-23 Apr 1983.
12. **Amaya, A.A.** *Screening wheats for quality*. 1984. *Wheats for More Tropical Environments*. A Proceedings of the International Symposium; Mexico, D.F.; 24-28 Sep 1984. *Mexico, DF (Mexico); CIMMYT*.
13. **Amaya Celis, A.A.**, 1985. *Composite flours: Potential for utilization*. Paper presented at the Regional Wheat Workshop Eastern, Central, and Southern Africa, and Indian Ocean, 4; Njoro, Kenya; 2-5 p.167-175.
14. **Amaya Celis, A.A.** y B., Skovmand, 1985. *Current status of hexaploid triticale quality*. Paper presented at the EUCARPIA Meeting of the Cereal Section and Triticale, 3; Paris, France; 2-5 Jul 1984. Proceedings p. 603-606.
15. **Amaya C., A.A.**, Peña, R.J. y G., Varughese, 1985. *Influence of grain hardness on the milling and baking properties of recently developed triticales*. *Triticale Bibliography* (93). p-511:528.
16. **Amaya, A.A.**, Peña, R.J. y G., Varughese. *Influence of grain hardness on the milling and baking properties or recently developed triticales*. *Proceedings of International Triticale Symposium; Sydney (Australia); 2-8 Feb 1986*. 1986. In: *Triticale*. Proceedings of International Triticale Symposium; Sydney (Australia); 2-8 Feb 1986. Series: AIAS Occasional Publication No. 24 and 31. *Sydney (Australia); AIAS, 1986*.
17. Brajcich, P., Prescott, J.M., Barker, T.C., **Amaya, A.A.** y R.J., Peña, 1986. *Development of superior durum wheat germoplasm - Altar 84*. Paper presented at the CIMMYT Research Highlights 1986 p-48:58.
18. Peña, R.J. y **A.A., Amaya**, 1986. *La calidad de trigo que necesitan los paises de la Region Andina*. Paper presented at the Taller de Investigadores en Cereales de la Region Andina; Peru; 16-21 Marzo, 1986 22 p.
19. Peña, R.J. y **A.A., Amaya**. 1987. *Milling and baking properties of wheat-triticale grain blends*. Paper presented at the EUCARPIA-Triticale Meeting; Schwern, East Germany; 22-25 Jun 1987 19 p.
20. Peña, R.J. y A.A., **Amaya**, 1987. *The relationship between some quality parameters and the milling and baking quality of triticale*. Paper presented at the Reunion Portuguesa Sobre Triticale, 4; Villareal, Portugal; 15-18 Jun 1987 18 p.
21. **Amaya Celis, A.A.** y R.J., Peña, R.J., 1988. *Efecto del nivel de panza blanca en la calidad galletera y pastelera de trigo suave*. Paper presented at the Conferencia Nacional sobre Produccion de Trigo en Mexico, 1; Cd. Obregon, Son., Mexico; 22-25 Mar 1988.
22. **Amaya Celis, A.A.**, 1988. *Panorama mundial sobre la produccion e investigacion de cereales de invierno, con especial referencia a la calidad*. Paper presented at the Jornadas Tecnicas Andaluzas de Cereales, 1; Jerez de la Frontera, España; 18-20 Oct 1988
23. **Amaya, A.A.**, 1988. *Principales parametros utilizados para medir la calidad industrial de trigos harineros*. Paper presented at the Conferencia Nacional sobre Produccion de Trigo en Mexico; Cd. Obregon, Son., Mexico; 22-25 Mar 1988.
24. Peña, R.J. y A.A., **Amaya**, 1988. *Factores que afectan la calidad de panificacion de trigo*. Paper presented at the Reuniao Nacional de Pesquisa de Trigo, 15; Passo Fundo, Brazil; Sep 1988.

25. Beltran, M.C., Peña, R.J. y A.A., **Amaya**, 1989. *Comparison of breadmaking quality-related characteristics in complete and substitute triticales*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Association of Cereal Chemists, 74; Washington, D.C.; 29 Oct - 2 Nov 1989 11 p.
26. Zarco, J., Peña, R.J., **Amaya Celis, A.A.** y G., Varughese, 1989. *Evaluation of quality parameters for the characterization of the baking (bread) performance of complete and substitute triticales*. Paper presented at the XII Science for Plant Breeding EUCARPIA Congress. Goettingen, Germany 3 p.
27. R.J., Peña, **Amaya, A.**, Rajaram, S. y A., Mujeeb-Kazi, 1990. *Variation in Quality characteristics asociated with some spring 1B/1R translocation wheats*. J. Cereal Sci. Vo. 12. p-105:112.
28. Peña, R.J., **Amaya, A.A.**, Rajaram, S. y A., Mujeeb-Kazi, 1990. *Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats*. Journal of Cereal Science. Vol. 12 (2.) p-105-112.
29. Pfeiffer, W.H., Trethowan, R.M., Fox, P.N., **Amaya, A.A.**, Peña, R.J., Cardenas, F., R.I., Magaña, 1990. *CIMMYT Results of the 1987-88 triticale nurseries: Nineteenth ITYN; Nineteenth ITSN. Mexico, DF (Mexico): CIMMYT.*
30. Rajaram, S., Ginkel, M., Van Alcala de Stefano, M., **Amaya, A.A.**, Peña, R.J., Vega, E.H. y R.I., Magaña, 1991. *CIMMYT results of the Twenty-Fifth International Spring Wheat Yield Nursery (ISWYN) 1988-89. Mexico, DF (Mexico): CIMMYT.*
31. **Amaya, A.A.** y R.J., Peña, 1992. *Utilization and quality of durum wheat. Durum Wheats: Challenges and Opportunities. International Workshop; Cd. Obregon, Son. (Mexico); Series: CIMMYT Wheat Special Report (WPSR) No. 9. Rajaram, S.; Saari, E.E.; Hettel, G.P. (eds.) Mexico, DF (Mexico); CIMMYT.*
32. Peña, R.J. y **A.A., Amaya**, 1992. *Milling and breadmaking properties of wheat-triticale grain blends*. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 60 (4). p-483-487.
33. Peña, R.J., William, M.D.H.M., **Amaya, A.A.** y A., Mujeeb-Kazi,, 1992. *Quality evaluation of some Triticum turgidum X T. tauschii synthetic hexaploids and their potential for wheat improvement. Agronomy Abstracts. 1991 Annual Meeting, 83; Denver, CO (USA); 27 Oct - 1 Nov 1991. Madison, WI (USA).*
34. Pfeiffer, W.H., **Amaya, A.A.** y R.J. Peña, 1992. *Quality and utilization characteristics of spring triticale. Agronomy Abstracts. 1991 Annual Meeting, 83; Denver, CO (USA); 27 Oct - 1 Nov 1991. Madison, WI (USA).*
35. Pfeiffer, W.H., **Amaya, A.A.** y R.J., Peña, 1992. *Triticale improvement strategies at CIMMYT: End-use orientation. Triticale Topics (8). p-1:5.*
36. Rajaram, S., Fuentes Dávila, G., Ginkel, M. Van, G.G., Camacho, M., Montoya, J., **Amaya, A.A.**, Peña, R.J., He Zhonghu y C., Tianyou,, 1992. *Breeding bread wheat resistance to Karnal bunt (Tilletia indica). Karnal bunt research in Mexico; Ciudad Obregon, Son. (Mexico); 8-9 May 1991. Fuentes Dávila, G.; Hettel, G.P. (eds.) Mexico, DF (Mexico); CIMMYT.*
37. Rajaram, S., Fuentes, G., Ginkel, M. Van, G.G., Camacho, C.M., Montoya, J., **Amaya, A.A.**, Peña, R.J., He Zhonghu y C., Tianyou,, 1992. *Mejoramiento para resistencia a carbon parcial (Tilletia indica) en trigo harinero. Estado Actual de la Investigacion sobre el Carbon Parcial en Mexico; Ciudad Obregon, Son. (Mexico); 8-9 May 1991. Fuentes Dávila, G.; Hettel, G.P. (eds.) Mexico, DF (Mexico); CIMMYT, 1992. p. 16-17.*
38. Peña, R.J., Skovmand, B. y **A.A., Amaya**, 1993. *Variation in protein content, SDS-sedimentation, grain hardness, and LMW-glutenin in Triticum dicoccon grown in two environments. Agronomy Abstracts. 1992 Annual Meeting, 84; Minneapolis, MN (USA); 1-6*

Nov 1992. Madison, WI (USA).

39. Rajaram, S., Albarrán, M., Peña, R.J. y **A.A., Amaya**, 1993. *Advances in breeding for sprouting tolerance in wheat. Pre-Harvest Sprouting in Cereals*. Walker-Simmons, M.K.; Ried, J.L. (eds.). St. Paul, MN (USA); American Association of Cereal Chemistry.
40. Peña, R.J., Zarco Hernandez, J., **Amaya, A.A.**, y A., Mujeeb-Kazi, 1994. *Relationships between chromosome 1B-encoded glutenin subunit composition and bread making quality characteristics of some durum wheat (Triticum turgidum) cultivars*. *Journal of Cereal Science*. Vol. 19 (3). p-243-249.
41. Peña, R.J., Skovmand, B. y **A.A., Amaya**. 1995. *Glutenin (HMW- and LMW-) subunit composition, quality characteristics and their relationship in Triticum dicoccon populations*. International Wheat Genetics Symposium, 8; Beijing (China); 20-25 Jul 1993. Li, Z.S.; Xin, Z.Y. (eds.). Beijing (China); China Agricultural Sciencetech,

Dr. Roberto Javier Peña Bautista

El Dr. Roberto J. Peña realizó su tesis de licenciatura en la Facultad de Química en la Universidad Nacional Autónoma de México, de 1969 a 1973, en Tecnología de Alimentos; sus estudios de maestría fueron en la Universidad Estatal de Kansas, de 1977 a 1979, en Química y Tecnología de Cereales; sus estudios de doctorado los realizó en la Universidad de Winnipeg, Canadá, de 1981 a 1983, en Bioquímica de Cereales.

El Dr. Peña llegó a CIMMYT en 1979 como Asistente de Investigación, en 1981 se ausentó para iniciar sus estudios de doctorado. Más tarde en 1984 regresó y en 1993, asumió el cargo de la Jefatura de Química y Calidad de Cereales. Desde hace cuatro años es Investigador Asociado. Cuando llegó a CIMMYT habían tres laboratorios: Calidad Proteínica del Maíz, Nutrición Vegetal y Suelos y Química y Calidad de Cereales. Ha trabajado en el CIMMYT durante 24 años.

Lista de Publicaciones

1. **Peña, R.J.** y L.S., Bates, 1982. Grain shrivelling in secondary hexaploid triticales. I. Alpha-amylase activity and carbohydrate content of mature and developing grain. *Cereal Chem.* Vol. 59(6). p-454:458.
2. **Peña, R.J.**, Nagarajan, P. y S., Bates, 1982. Grain shrivelling in secondary hexaploid triticales. II. Morphology of mature and developing grain shrivelling *Cereal Chem.* Vol. 59(6). p-459:468.
3. **Peña, R.J.** y G.M., Balance, 1987. Comparison of gluten quality in triticales: A fractionation-reconstitution study. *Cereal Chem.* Vol. 64(2). p-128:132.
4. Ordorica-Falomir, C, Paredes-López, O. y **R.J., Peña**, 1990. *Production of safflower Protein isolates: Gel filtration and electrophoretic patterns. Lebensm- Wiss. U -Technol.* Vol. 23. p-122:125.
5. **R.J., Peña**, Amaya, A., Rajaram, S. y A., Mujeeb-Kazi, 1990. *Variation in Quality characteristics asociated with some spring 1B/1R translocation wheats. J. Cereal Sci.* Vol. 12. p-105:112. Chen, D.S., Zhang, Y. He, Z.C., Wang, D.S. y **R.J., Peña**, 2005. *Effect of wáter addition on Northern style Chinese steamed bread processing Quality. Acta Agronómica Sinica.* Vol.31(6). p-730:735.
6. He, Z.C., **Peña, R.J.**, y S., Rajaram, 1992. *High molecular weight gluten subunit composition of Chinese bread wheat. Euphytica.* Vol.64. p-11-20.
7. **R.J., Peña** y A. Amaya, 1992. *Milling and dradmaking properties of wheat-triticales grain blends. J. Sci. Food Agric.* Vol.60. p-483-487.
8. Morgounov, A., **Peña, R.J.**, Crossa, J. y S., Rajaram, 1993. *Worldwide distribution of Glu-1 alleles in bread wheat. Genetic and Breeding.* Vol.47. p-53-60.

9. Trethowan, R .M., Pfeiffer, W.H., **Peña, R.J.**, y O.S., Abdalla, 1993. *Preharvest sprouting tolerance in tree triticale biotypes*. *Aust. J. Agric. Res.* Vol.44 p-1789-1798.
10. William, M.D.H.M., **Peña, R.J.**, y A., Mujeeb-Kazi, 1993. *Seed Protein and isozyme variations in Triticum tauschii (Aegilops squarrosa, 2n=2x=14, DD)*. *Theor. And Appl. Gen.* Vol. 87 p-257-263.
11. **R.J., Peña**, Zarco-Hernández, J., Amaya, A. y A., Mujeeb-Kazi, 1994. *Relationship between chromosome 1B-encoded gluten subunit compositions and bread making Quality characteristics of some durum wheat (Triticum turgidum) cultivars*. *Cereal Science*. Vol.19. p-243:249.
12. Trethowan, R .M., **Peña, R.J.**, y W.H.,Pfeiffer, 1994. *Evaluation of pre-harvest sprouting in triticale compared with wheat and rye using line source rain gradient*. *Aust. J. Agric. Res.* Vol.45. p-65:74.
13. **R.J., Peña**, Zarco-Hernández, J. y A., Mujeeb-Kazi, 1995. *Gluten subunit composition and bread characteristics of synthetic hexaploid wheats derived from Triticum turgidum, L. x Triticumtauschii (coss.) Schamal crosses*. *Cereal Science*. Vol. 21. p-15:23.
14. Varughese, G., Pfeiffer, W.H. y **R.J., Peña**, 1996. *Triticale: a succesful alternative crop. Part I. cereal Foods Worl.* Vol. 41. p-474:481.
15. Varughese, G., Pfeiffer, W.H. y **R.J., Peña**, 1996. *Triticale: a succesful alternative crop. Part II. cereal Foods Worl.* Vol. 41. p-635:645.
16. *Ortiz-Monasterio, J.I., Peña, R.J.*, Sayre, K.D. y S., Rajaram, 1997. *CIMMYT's genetic progress in wheat grain Quality under four nitrogen rates*. *Crop Science*. Vol. 37(3). p-892:898.
17. Pfeiffer, W.H., Mergoum, M., Peña, R.J. y A., Lukaszewski, 1999. *Performance of triticale substituted lines*. *Triticale Topics*. Vol. 16 p-19-21.
18. Sowa, W., Krysiak, H., **Peña, R.J.** y A., Cygankiewicz, 1999. *Characteristics of Winter triticale xRAH-116 a new source of bread making Quality for triticale*. *Biuletyn Instytutu Hodowli y Aklimatizacji Roslin*. Vol. 211. p-165:170.
19. Villareal, R.L. ,Mujeeb-Kazi, A. y **R.J., Peña**, 1999. *Agronomic performance and Quality characteistics of tissue-culture derived lines of spring wheat (Triticum aestivum L.) cultivar Pavon*. *Cereal Researche Communications*. Vol27. p-41,42.
20. Cuellar, H., Ron, J., López, C., **Peña, R.J.** y D. González, 2000. *Caracteres agronómicos y componentes del rendimiento de genotipos de trigo y triticale evaluados en el Altiplano Potosino-Jalisciense*. *Acta Científica Potosina*. Vol.15. p-63:76.
21. Ravinovich, S.V., Leonov, O.J., **Peña, R.J.**, Fedak, G., Lukow, O., Bondarenko, V.M. y A.A., Kushchenko. 2000. *The history of ancient and modern Ukrainian wheat cultivars used in Breeding spring wheat cultivars of the U.S., Mexico and western and eatern Europe and an analysis of their HMW-glutenin structure*. *Anual Wheat Newsletter*. Vol.46 p-157:172.

22. Pfluger, L.A., DÓvidio, R., Margiotta, B., **Peña, R.J.**, Mujeeb-Kazi, A. y D., Lafiandra, 2001. *Characterisation of high-and low-molecular weight gluteins subunits associated to the D genome of Aegilops tauschii in a collection of synthetic hexaploid wheats. Theoretical and Applied Genetics*. Vol.103(8). p-1293:1301.
23. S., Rajaram, **Peña, R.J.**, Villareal, R.L., Mujeeb-Kazi, A. Singh, R. y L., Gilchrist, 2001. *Utilization of wild and cultivated emmer and of diploid wheat relatives in Breeding; The Aaronsohn Lectures on wild emmer wheat, an 80th Anniversary (1919-1999) Memorial Symposium. Israel Journal of Plant Sciences 49 Supplement. S.93-S. 104.*
24. Trethowan, R .M., **Peña, R.J.** y Van Ginkel, M., 2001. *The effect indirect test for grain Quality on the grain yield and industrial Quality of bread wheat. Plant Breeding*. Vol.120. p-1:4.
25. Cuellar, H., Ron, J., López, C., **Peña, R.J.** y D. González, 2000. *Selección de cultivares superiores de trigo y triticale para el Altiplano Potosino-Jalisciense. Acta Científica Potosina*. Vol.15(1). p-25:39.
26. Abugaliev, A., **Peña, R.J.**, Junusova, M. and A., Morgounov, 2002. *Characterization of Winter bread wheat varieties from Kyrgyztan Republic for HMW and LMW gluteins and grain Quality. Newsletter of Kazakh Agric. Sciences*. Vol.12. p-14:19.
27. Bechere, E., **Peña, R.J.**, and D., Mitiku, 2002. *Gluteins composition, Quality characteristics, and agronomic attributes of durum wheat cultivars released in Ethiopia. African Crop Science Journal*. Vol.10(2). p173:183.
28. Liu, J.J., He, Z.C., Zhau, Z.D., Liu, A.F., Song, J.M. y **R.J.,Peña**, 2002. *Investigation on relationship between wheat quality traits and quality parameters of dry White Chinese noodle. Acta Agronómica Sinica*. Vol.28(6) p-738:742.
29. Villaseñor, H.E., Espitia. E., Huerta, J., González-Iníguez, R., Solis, E. y **R.J., Peña**, 2003. *Rebeca F2000. A new wheat variety for planting in favorable-to-intermediate rainfed environments of Mexico. Revista Fitotécnica Mexicana*. Vol.27. p-285:287.
30. Espitia, E., **Peña, R.J.**, Villaseñor, H.E., Huerta, J., y A., Limón, 2003. *Calidad industrial de trigos mexicanos para temporal: comparación de variedades y causas de la variación. Revista Fitotécnica Mexicana*. Vol.26(4). p-249:256.
31. He, Z.C., Liu, L., **Peña, R.J.**, y S., Rajaram, 2003. *Suitability of Chinese wheat varieties for production of northern style Chinese steam bread. Euphytica*. Vol.131. p-155:163.
32. Liu, L., He, Z.C., Zhou, Z.D., **Peña, R.J.** y Rajaram, 2003. *Wheat quality traits and Quality traits and Quality parameters of cooked dry White Chinese noodle. Euphytica*. Vol.131. p-147:154.
33. Espitia, E., Villaseñor, H.E., **Peña, R.J.**, Huerta, J. y A., Limón, 2004. *Calidad industrial de trigos harineros mexicanos para temporal. Variabilidad genética y criterios de selección. Revista Fitotécnica Mexicana*. Vol.27(1). p-41:47.
34. He, Z.C., Yan, J., Zhang, Y., Quail, K.J. y **R.J, Peña**, 2004. *Bread and dry white Chinese noodle Quality in Chinese Winter wheats. Euphytica*. Vol.139. p-257:267.

35. Liu, L., He, Z.C., . **Peña, R.J.** y Z.Z., Dong, 2004. *Effects of 1BL/1RS translocation on grain Quality and noodle Quality in bread wheat (in Chinese, English abstract)*. *Acta Agronómica Sinica*. Vol.30. p-149:153.
36. Liu, L., Zhou, Y., He, Z.C. y **R.J., Peña, 2004**. *Effects of allelic variations at Glu-1 Glu-3 loci on soluble gluten content*. *Acta Agronómica Sinica*. Vol.30(11). p-1086:1092.
37. Liu, L., Zhou, Y., He, Z.C., Yan, J., Zhang, Y. y **R.J., Peña, 2004**. *Effects of allelic variations in HMW and LMW gluten subunits on the processing Quality in common wheat (in Chinese, English abstract)*. *Scientia Agricultura Sinica*. Vol.37. p-8:14.
38. Liu, L., Zhou, Y., He, Z.C., Yan, J., Zhang, Y. y **R.J., Peña, 2004**. *Effects of allelic variations at Glu-1 Glu-3 loci on processing Quality in common wheat*. *Acta Agronómica Sinica*. Vol.30(10). p-959:968.
39. Monneveux, P., Reynolds, M.P., González- Santoyo, H., **Peña, R.J.**, Mayr, L. y F., Zapata, 2004. *Relationship between grain yield, flag leaf morphology, carbón isotope discrimination and ash content in irrigated wheat*. *Agronomy and Crop Science*. Vol. 190. p-395:401.
40. Monneveux, P., Reynolds, M.P., Trethowan, R., **Peña, R.J.**, F., Zapata, 2004. *Carbón isotope discrimination leaf ash and grain yield in bread and durum wheat grown under full-irrigated conditions*. *Agronomy and Crop Science*. Vol. 19. p-385:387.
41. He, Z.C., Liu, L., Xia, X., Liu, J.J., y R.J, **Peña, 2005**. *Composition of HMW and LMW gluten subunits and their effects on dough properties bread and noodle Quality of Chinese bread wheats*. *Cereal Chemistry*. Vol. 82. p345:350.
42. Liu, L., He, Z.C., Yan, J., Zhang, Y., Xia, X., y **R.J, Peña, 2005**. *Allelic variation at the Glu-1 and Glu-3 loci, presence of the 1B.1R translocation and their effects on mixographic properties in Chinese bread wheats*. *Euphytica*. Vol.142. p-197:204.
43. Liu, L., Yan, J., Zhang, Y., He, Z.C., y **R.J, Peña, 2005**. *Allelic variation at the Glu-1 and Glu-3 loci, presence of the 1B.1R translocation and their effects on processing quality in cultivars and advanced lines from Autumn-sown wheat regions in China*. *Scientia Agricultura Sinica*. Vol.38(10). p-1944:1950.
44. Monneveux, P., Reynolds, M.P., Trethowan, R. González- Santoyo, H., **Peña, R.J.**, F., Zapata, 2005. *Relationship between grain yield and carbón isotope discrimination in bread wheat under four water regimes*. *European J. Agronomy*. Vol.22 -231:242.
45. Robles, S.D., **Peña, R.J.**, Fuentes, G. 2005. *Efecto de la molienda de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) y trigo duro (*Triticum durum* desf.) sobre la germinación de teliosporas de *Tilletia indica* Mitra*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol.23. p-119:123.
46. Zarco, J.A., Santiveri, F., Michelena, A. y **R.J, Peña, 2005**. *Durum wheat (*Triticum turgidum*, L.) carrying the 1BL/1RS chromosomal translocation: agronomic performance and Quality characteristics under Mediterranean conditions*. *European J. Agronomy*. Vol.22. p-33:43.
47. Zhang, Q., Zhang, Y., He, Z.C., y **R.J, Peña, 2005**. *Relationship between soft wheat Quality traits and cookie Quality parameters*. *Acta Agronómica Sinica*. Vol.31(9). p-1125:1131.

48. Zhang, Y., Nagamine, T., He, Z.H., Ge, X.X., Yoshida, H. y **R.J. Peña**, 2005. *Variation in Quality traits in common wheat as related to Chinese fresh White noodle Quality*. *Euphytica*. Vol.141. p-113:120.
49. De la O, M., Espitia, E., Molina, J.D. **Peña, R.J.**, Santacruz, A. y Villaseñor, H.E., 2006. *Efecto de diferentes subunidades de gluteinas-APM sobre la calidad panadera en trigos harineros mexicanos*. *Revista Fitotécnica Mexicana*. Vol.29. p-291:297.
50. De la O, M., Espitia, E., Molina, J.D. **Peña, R.J.**, Santacruz, A. y H.E. Villaseñor., 2006. *Efecto de diferentes alelos de gluteinas de alto peso molecular sobre las propiedades viscoelásticas de la masa de trigos harineros*. *Agrociencia*. Vol.40. p-461:469.
51. Lage, J., Skovmand, B., Peña, R.J. y Anderson, S.B., 2006. *Grain Quality of emmer wheat derived synthetic heptoid wheats*. *Genetic Resources and Crop Evolution*. Vol.53. p-955:962.
52. Li, G., He, Z.H., **Peña, R.J.**, Xia, X., Lillermo, M., y Sun, Q., 2006. *Identification of novel secaindoline-a and secaindoline-b alleles, in hexaploid triticale*, *Cereal Science*. Vol.43. p-378-386.
53. Lillermo, M., Chen, F., Xia, X., William, M., **Peña, R.J.** Trethowan, R. y Z.H., He, 2006. *Cereal Science*. Vol.44. p-86:92.
54. Nelson, J.C., Andreescu, C. Breseghello, P. Finney, L. Gualberto, D.G., Bergman, C., **Peña, R.J.**, Perretant, M.R., Leroy, P., Qualset, C.O. y M.E., Zorrells, 2006. *Quantitative trait locus analysis of wheat Quality traits*. *Euphytica*. Vol. 149. p- 145-159.
55. Ranum, P., Mustafarov, R., **Peña, R.J.**, Abugalieva, A. y A., Morgounov, 2006. *Wheat, flour and bread in Central Asia*. *Cereal Food Worlds*. Vol.51. p-166:171.
56. Zhang, Y., He, Z.H. Zhang, A., van Ginkel, M., **Peña, R.J.** y Ye, G., 2006. *Pattern analysis on properties of Chinese and CIMMYT spring wheat cultivars sown in China and CIMMYT*. *Agricultural Research*. Vol.57. p-811,822.
57. Ortiz-Monasterio, J.I., Palacios, N., Meng, E., Pixt6ley, K., Trethowan, R. y **R.J., Peña**, 2007. *Enhancing the mineral and vitamin conten of wheat and maize throug plant Breeding*. *Cereal Science*. Vol. 46p-293:307.
58. Martínez, E., Espitia, E. Benítez, I., **Peña, R.J.**, Santa-Cruz, A. y H.E., Villaseñor, 2007. *Efecto de gluteinas de alto peso molecular de los genomas A y B sobre propiedades reológicas y volumen de pan en trigos harineros*. *Agrociencia*. Vol. 41. p-153:160.
59. Martínez, E., Espitia, E. Benítez, I., Peña, R.J., Santa-Cruz, A. y H.E., Villaseñor, 2007. *El Complejo GLI-1/GLU3 y las propiedades reológicas y volumen de pan de trigos harineros*. *Revista Fitotécnica Mexicana*. Vol. 30(2). p-167:172.
60. Zhang, Q., Zhang, Y., Zhang, Y., He, Z.H. y R.J., Peña, 2007. *Effects of solvent retention capacities, pentosan content, and dough rheological properties on sugar snap cookie Quality in Chinese soft wheat genotypes*. *Crop Science*. Vol. 47. p-656:664.

61. Wang, L.H., Zhao, X.L., He, Z.H., Ma, W., Appels, R., **Peña R.J.** y X. C, Xia, 2008. Characterization of low-molecular weight gluten subunit Glu-B3 genes and development of STS markers in common wheat (*Triticum aestivum*). *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 118. p-525:539.
62. Ortiz, R., Braun, H., Crossa, J., Crouch J.H., Cevenport, G. Dixon, J., Dreisigacker, S., Duveiller, E., He, Z.H., Huerta, J. Joshi, A.K., Kishii, M., Kosina, P., Manes, y., Mezzalama, M., Morgounov, A. Murakami, J. Nicol, J., Ortiz- Ferrera, G., Ortiz-Monasterio, J.I., Payne, T.S., **Peña, R.J.**, Reynols, M., Sayre, K.D., Sharma, R.C., Singh, R.P., Wang, J., Warburton, M. M., Wu, H. y Iwanaga, M, 2008. *Wheat genetic resources enhancement by the International maize and Wheat Improvement Center. Genetic Resources and Crop Evolution*. Vol. 55. p-1095:1140.
63. Guemes-Vera, N., **Peña, R.J.**, Jiménez, C., Dávila, G., Calderón, G., 2008. *Effective detoxification and decoloration of Lupinus mutabilis seed derivatives, and effect of these derivatives on bread Quality and acceptance. Science Food Agriculture*. Vol. 88. p-1135:1143.
64. Espitia, E., Martínez, E., **Peña, R.J.**, Villaseñor, H.E. y J, Huerta, 2008. *Polimorfismo de gluteinas de alto peso molecular y su relación con trigos harineros de temporal. Agricultura Técnica de México*. Vol. 34. p-57:67.
65. Figueroa, D.C., Maucher, T, Reule, W. y **Peña R.J.**, 2009 *Influence of High Molecular Weight Glutenins on viscoelastic properties of intact wheat kernel and relation to functional properties of wheat dough. Cereal Chemistry*. Vol. 86. p-139:144.

M. en C. José Luis Torres Flores

Estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo de 1979-1983 en la "UAAAN". Dichos estudios se realizaron en Saltillo Coahuila. El Examen Profesional se Presentó el 27 de Septiembre de 1984. Realizó la Maestría de Especialista En Producción De Semillas de 1999-2001, en el Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco Edo. De México.

LISTA DE PUBLICACIONES

1. **José L. Torres F.**, G. Srinivasan y James E. Lothrop. 1994. *Mejoramiento para tolerancia a endocria y utilización de heterosis en maíz de valles altos*. Papel presentado en 1994 SOMEFI (Sociedad Mexicana de Fitomejoramiento) reunión XV Congreso Nacional de Fitogenética en Monterrey, México en Sep. 1994.
2. Srinivasan, G., James E. Lothrop, y **J. L. Torres, F.**, 1994. *Genetic improvement of highland Maize at CIMMYT*. Paper presented at the 1994 ASA, CSSA, SSSA Annual meeting to be held at Seattle, WA from Nov. 13-18. 1994.
3. Srinivasan, G., James E. Lothrop y **J. L. Torres**, 1996. *Identification of drought tolerance in elite tropical highland Maize germplasm*. Paper presented at the International Symposium on drought and low-N tolerant Maize, México March 25-29, 1996.
4. Srinivasan, G., James E. Lothrop y **J. L. Torres, F.** 1996. *Progress in breeding for highland ecologies at CIMMYT*. Paper presented at E. and S. African Regional Workshop on Maize held at Arusha, Tanzania, from June 3-7, 1996.
5. **Torres, F, J. L.**, G. Srinivasan y J. E. Lothrop, 1996. *Progress through recurrent selection in highland Maize germplasm*. Paper to be presented at the ASA, CSSA, SSSA Annual Meeting at Indianapolis IN USA in Nov. 1996.
6. Srinivasan, G, **Torres, J.L.**, Bazinger, M., Carlos Aguirre y L., He, 1997. *Selection for Nitrogen Use Efficiency in Highland Maize Germplasm at CIMMYT*. Paper presented at The genetics and Exploitation of Heterosis in Crops An International Symposium 17-22 August 1997 México City, México.
7. Rodríguez-Herrera, N. Vergara-Ávila, G. Srinivasan y **J. L. Torres-F.** *Heterotic Patterns of Early-Maturing Highland Maize Germplasm*. Paper presented at The genetics and Exploitation of Heterosis in Crops An International Symposium 17-22 August 1997 México City, México.
8. Srinivasan, G. y **J. L. Torres Flores**. M. Bazinger. *Heterosis and Combining Ability of Elite Highland Maize Lines Under Nitrogen-Stress vs. Non-Stress Conditions*. Paper presented at The genetics and Exploitation of Heterosis in Crops An International Symposium 17-22 August 1997 México City, México.
9. **Torres, J.L.**, Srinivasan, G. y C., Aguirre, 1997. *Estrategia para el mejoramiento de poblaciones y desarrollo de genotipos superiores de maíz para zonas de valles altos*. Papel presentado en "La Asociación Mexicana de Semillas A.C." México.

10. **Torres, J.L.**, Srinivasan, G. y C., Aguirre, 1997. *Estudio del llenado de grano y madurez fisiológica en maíz de diferentes texturas en valles altos de México*. Papel presentado en “ La Asociación Mexicana de Semillas A.C.” México.
11. **Torres, J.L.**, Srinivasan, G. y D. L. Beck, 1998. *Selección para el uso eficiente de Nitrógeno en germoplasma de Maíz de Valles Altos de CIMMYT*. XVII Congreso de Fitogenética 5-9 de Octubre Acapulco Guerrero.
12. Tadeo, M., Calderón, A.E., D. Beck y **J. L. Torres**, Emma H., 2000. *Rendimiento de semillas de cruzas simples de Maíz androesteriles y fértiles progenitoras de híbridos trilineales*. XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 de Octubre Irapuato, Guanajuato. México.
13. Pérez, C. Moreno, E., Beck, L. y Santana, T.C. y **J.L. Torres**, 2002. *Aptitud combinatoria de líneas de maíz de Valles Altos en suelos con alto y bajo contenido de nitrógeno*. Revista Fitotecnia Mexicana 25(3):253-259.
14. Pérez, C., Moreno, E., Beck, L., Santana, T.C. y **J.L. Torres**, 2002. *Reciprocal recurrent selection in two Mexican highland population under high and soil nitrogen content*. (submitted to *Maydica*).
15. **Torres, J. L.**, Beck, L., Carballo, A. y J. A. Gomez, 2004. *Técnicas para sincronizar floración en la producción de semilla híbrida de maíz en los Valles Altos*. *Agricultura Técnica en México*. INIFAP. Vol. 30(1). p- 89:100.
16. Beck, L. y **J.L. Torres F**, 2003 *Recent Advances in CIMMYT'S Highland Maize Program*. Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding. 17:22 August 2003 México City, México p- 206:207.
17. Beck, L. y **J.L. Torres**, 2003. *Inbreeding Depresión in Recycled Seed of Highland Hybrids Sown Under Optimal and Nitrogen Stressed Conditions*. Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding. 17-22 August 2003 México City, México. p- 208:209.
18. Beck, **L.**, **Torres, J.L.** y M. Warburton, 2003. *Relationship Between Genetic Distance, Specific Combining Ability, and Grain Yield in a Diallel Set of Transition Zone Hybrids*. Arnel R. Hallauer International Symposium on Plant Breeding. 17-22 August 2003 México City, México p- 262:263.
19. **Torres, J. L.** y D. L. Beck, 2005. *Comportamiento de Híbridos Intersintéticos de Maíz de Diferentes Zonas Ecológicas, en Valles Altos de México*. LI Reunión Anual del PCCMCA celebrado del 2 al 6 de Mayo del 2005 en la Ciudad de Panamá, Republica de Panamá.
20. **Torres, J.L.**, Palacios N. y K., Pixley, 2006. *Progreso y estrategias en la biofortificación en maíz*. LII Reunión Anual del PCCMCA celebrado del 24-28 de Abril del 2006 en la Ciudad de Montelimar, Nicaragua.
21. **Torres, J.L.** y K., Pixley 2007. *El progreso en el mejoramiento del maíz QPM. de Valles Altos y las perspectivas hacia 2010*. LIII Reunión Anual del PCCMCA celebrado del 24-28 de Abril del 2006 en la Ciudad de Antigua Guatemala, Guatemala.

22. **Torres, J. L.** y J. de J., Reynoso, 2008. *Comportamiento de Híbridos Triples de maíz de diferentes zonas Ecológicas en los Valles Altos de México*. LIV Reunión Anual del PCCMCA celebrado del 14 al 18 Abril del 2008 en San José Costa Rica.
23. Tadeo-Robledo, M., Espinosa, A., Beck, L. y **J. L. Torres**, 2007. Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androesteriles progenitoras de híbridos de maíz. *Agricultura Técnica en México* 33(2) Mayo-Agosto 175-180.

GLOSARIO

Acame. Doblez o inclinación que sufre el tallo de las plantas, como el trigo, la cebada, etc., debido a la acción del viento o a que ha alcanzado su madurez y no se le corta.

Agrimensor. Persona especializada en medir la superficie de los terrenos y levantar los planos correspondientes.

Alelomórfico. (Gen) de los dos alternativos que ocupan la misma posición en cada par de cromosomas homólogos.

Aleurona. Proteína de reserva que abunda en la capa externa del endospermo de las carióspsides de gramíneas(en un grano de trigo, por ejemplo), pero pueden encontrarse en otros tejidos vegetales, como en el ápice de las raíces de *Phaseolus* sp.

Autofecundación. Fecundación en que se unen los gametos masculino y femenino de un organismo hermafrodita.

Banco genético o germoplasma. Instalación adecuada para preservar o conservar y multiplicar el germoplasma de variedades, especies o géneros. Se designa como *in situ* si se establece como banco genético en su lugar nativo; como *ex situ* si se establece fuera del área ecológica original.

Diploide. Célula, cigoto, u otro organismo que tiene 2 series completas de cromosomas ($2n$) que originalmente proviene de de la unión de un gameto masculino y de un gameto femenino ambos haploides cada uno con “n” cromosomas. Las células somáticas normales son diploides conservando el mismo número de cromosomas $2n$ en las divisiones de mitosis. Durante la meiosis se forman finalmente los haploides; existiendo por lo tanto, una generación esporofítica diploide, que continuará con una generación gametofítica haploide.

Endogamia o endocría. Cruzamiento entre individuos íntimamente emparentados, lo que favorece a la homocigosis que en algunos casos es perjudicial porque pueden presentarse efectos detrimentales, letales, subletales o deletéreos en algunos caracteres.

Endospermo. Es la capa interna de la semilla, que está en contacto directo con el embrión, que tiene la función de nutrirlo. Procede, por sucesivas mitosis, del núcleo triploide formado por la unión de uno de los núcleos espermáticos del polen y los núcleos polares del saco embrionario.

Fitomejoramiento=Fitotécnia. Es el arte y la ciencia de cambiar genéticamente algunos caracteres agronómicos en las plantas, para formar nuevas variedades con

mayor productividad y (o calidad en las especies cultivadas, para transferir genes de resistencia a enfermedades o plagas) para mejorar el tamaño, conformación, coloración, textura y sabor de frutos.

Gene. Unidad hereditaria que determina cada alternativa (alelo) de un carácter o rasgo genético.

Genética. Ciencia que estudia la variación y herencia de los caracteres biológicos.

Germoplasma. Colección de la variabilidad genética en las poblaciones intra o interespecíficas, o de otros taxones, para fines de fitomejoramiento, o de conservación en bancos genéticos.

Haploide. Es una célula gamética con una serie completa de cromosomas que se designan con "n".

Híbrido. Individuo cuya constitución genética para un determinado carácter consiste en un alelo de un progenitor y un alelo de otro progenitor.

Línea pura. Individuos que contienen los mismos genes homocigóticos para el o los caracteres favorables que se desean establecer o mejorar. Las especies alogámicas, empleando polinización controlada; en cambio, en especies alotógamas, teóricamente con la planta seleccionada puede constituir una línea pura si se multiplican sus semillas. Los individuos de una línea pura son genéticamente idénticos; por lo tanto la selección de ella sería infructuosa; sin embargo, si una población es una mezcla mecánica de líneas puras en ella la selección si sería eficiente, cuyo resultado dará una "variedad compuesta" (mezcla de líneas puras fenotípicamente iguales; pero genéticamente diferentes).

Maíz estabilizado. La eliminación de fenotipos indeseables (selección negativa) para evitar su cruzamiento con los demás individuos de una población (puede ser en una variante nativa o regional) antes de la dehiscencia de las anteras; posteriormente, se cosechan las plantas con el o los mejores caracteres, cuyo proceso se realiza varias generaciones segregantes hasta que sus caracteres favorables se homogenicen. Esta metodología del Ing. Edmundo L. Taboada culminó en la formación de "variedades estabilizadas" en la década de 1950 con maíces de mayor productividad. Método continuo, por varios ciclos agrícolas, de identificación de plantas con caracteres agronómicos deseables y su recombinación, cuyo proceso fenotípico tiende a fijar genotípicamente esos caracteres.

Morocho. Textura harinosa del grano blando en el interior, rodeado por una textura de piedra dura.

Multilínea. Mezcla de semillas derivadas de muchas cruces.

Polinización abierta. Es el proceso mediante el cual, las plantas se polinizan de manera natural, mediante los insectos, el viento y el agua.

Pool génico. Totalidad de genes potenciales de una población, y que es equivalente al “acervo de genes”.

Precocidad. Dicho de una floración, que sucede antes de la aparición de las hojas. Que viene o madura con anticipación.

Progenie. Descendencia del cruzamiento: los progenitores masculinos y femeninos: la cual, manifiesta determinadas relaciones genotípicas y fenotípicas.

Rendimiento. Es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (T.M./ha).

Reología. Se define como el ámbito de la ciencia que estudia la deformación y el flujo de materiales causadas por la aplicación de un esfuerzo.

Retrocruza. Método de mejoramiento genético que consiste en cruzar dos progenitores que tienen con cada uno de ellos caracteres favorables; por ejemplo, uno presenta resistencia monogénica (carácter cualitativo) a una enfermedad y el otro progenitor tiene caracteres de productividad (carácter cuantitativo o poligénico). La generación F_1 se retrocruza con el de productividad seleccionado simultáneamente por la resistencia designado a esta nueva generación como BC_1 (Backcross 1) en inglés o R_1 Retrocruza primera; se repiten las retrocruzas y selecciones, hasta formar una nueva variedad con los caracteres favorables de productividad y con la resistencia a las enfermedades.

Segregación. Se refiere a la primera Ley de Mendel como base genética de separación (segregación) independiente de los factores hereditarios después de un cruzamiento de progenitores con caracteres contrastables (alto o enano, rojo o blanco, etc.) para uno o para más pares de genes de manifestación cualitativa. Si los progenitores son líneas puras (homocigóticas) para sus alelos dominantes o recesivos y contrastantes, la generación F_1 será 100% heterocigótica y esta al autofecundarla o cruzarla con ella misma, producirá la generación F_2 en donde se manifestará la máxima segregación genética. Si los progenitores son homocigotos contrastantes, la segregación se manifestará en la F_1 .

Selección recurrente. Transferencia de genes de importancia agronómica a plantas autógamias.

Bibliografía

- ABOITES, G., 2000. Una mirada diferente de la Revolución Verde. Ciencia, nación y compromiso social. Plaza y Valdés Editores. México, D.F.
- ANAYA, M. A., Espinosa, J. L., González, Álvaro, Zane R., González, B. M., Trujano, M. G. & A., Rodríguez C., 2004. Ciento cincuenta años en una mirada: Historia Gráfica de la Escuela Nacional de Agricultura. Universidad Nacional Autónoma de Chapingo.
- ANÓNIMO. Informe de Actividades 1968-1969.(s/a).
- ANÓNIMO. CIMMYT and Mexico. (s/a).
- AQUINO-MERCADO P., Peña, J. R. & I., Ortiz-Monasterio, 2008. México y el CIMMYT. Publicaciones CIMMYT. El Batán, Edo. De Méx., México.
- BARAHONA, A., Pinar, S. & F. J., Ayala, 2003. La Genética en México. Institucionalización de una disciplina. Coordinación de Humanidades. Programa Editorial. México, D.F.
- BICKEL, L., 1976. La Revolución Verde. Editores Asociados, México, D.F.
- BORLAUG, N, 1970 Premio Nobel de la Paz 1970. La Revolución Verde: Paz y Humanidad.
- BUSTAMANTE, A Maclovia E., 2002.Fundaciones Norteamericanas en América Latina. Tesis Licenciatura (Licenciado en Pedagogía) Universidad Autónoma de Guadalajara, Escuela de Pedagogía. México.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Conservación y Distribución de semilla: La doble función del Banco de Germoplasma del Maíz del CIMMYT.
- CONTRERAS , B. (s/a). Revolución Verde nuevamente en la mesa de debate. Reporte de investigación de Ciencias Sociales y Humanidades. Vol. 73. México.
- CUETO, Marco, 1994. Missionaries of science: the Rockefeller Foundation and Latin America. Bloomington: Indiana University. 171 p.

- FUJIGAKI E., 1995. Haciendas en una época de Guerra: 1910-1920. Agricultura y estructura agraria en el Norte de México, del Porfiriato a los años veinte. Tesis Doctorado (Doctorado en Economía) UNAM, Facultad de Economía. México, D.F.
- GAONA, A. L., 1998. La introducción de la genética en México. Tesis (Licenciatura en Biología) UNAM, Facultad de Ciencias.
- GONZÁLEZ, Ángeles, 2010. Chapingo. La Jornada. Domingo 21 de Febrero del 2010. p-32.
- HARRAR, G. H., 1950. Programa Agrícola Mexicano, Fundación Rockefeller. Impreso por Leo Hart. Nueva York, USA.
- HEWITT, C., 1988. La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970. Siglo Veintiuno Editores.
- HARWOOD, J., 2009. Peasant Friendly Plant Breeding and the Early Years of the Green Revolution in Mexico. The Agricultural History Society,
- KATO-YAMAKAKE, T. Á, 2004. Variedades Transgénicas y el Maíz Nativo en México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Vol. 1. Núm. 2
- KAY, L. E., 1993. The molecular vision of life: Caltech, the Rockefeller foundation, and the rise of the new biology. New York: Oxford University.
- KRAUZE, E., 1991. Lázaro Cárdenas: general misionero. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- KRAUZE, E., 1999. El Sexenio de Ávila Camacho. Clío. México, D.F.
- MATSUOKA, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sánchez, J., Buckler, S, E. & J., Doebley, 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Vol. 99. No.9.
- MAGDAN, C., 1995. La Capacitación como Componente de la Cooperación Agrícola, El Caso CIMMYT. Tesis Licenciatura (Licenciado en Relaciones Internacionales) Universidad Femenina de México, Escuela de Relaciones Internacionales. México.

- OLEA-FRANCO, A., 2001 One Century of Higher Agricultural Education and Research in Mexico (1850s-1960s), with a Preliminary Survey on the Same Subjects in the United States. UMI Dissertation Services. Harvard University Cambridge Massachusetts.
- PANDEY, S. & A., Hallauer, 1998. Proceedings of the 53rd Annual Corn and Sorghum Research Conference.
- RAJARAM, S., The CIMMYT Wheat Program: History, Impact and Research Overview. Germoplasm Development And Breeding. Vol. 2. Sección 2.
- Revisión de Programas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz Mejorado y Trigo. 1974. CIMMYT.
- SERRATOS, J. A., 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace. México.
- TABOADA, E.L., 1938. Apuntes de Genética. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- _____, 1985. Una Semblanza 1906-1983. Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA), México, D.F.
- VÁZQUEZ, W., 2006. La Genética en México: el papel de las agrupaciones científicas y las instituciones públicas. Tesis Maestría. Maestría en Historia Facultad de Filosofía y Letras. México, D.F.
- WELLHAUSEN-ANDERSON. 2004. Manual de Operaciones. El Batán, Texcoco, México.

Referencias Electrónicas

<http://www.anech-chapingo.org.mx/ena.html>

http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&task=view&id=233

http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option%3Dcom_content%26task%3Dview%26id%3D233&ei=nfQKS40_GoGutgei-6HBCg&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=9&ved=0CCQQ7gEwCA&prev=/search%3Fq%3Dwellhausen,%2BE.%2BJ.%2Bbraces%2Bof%2Bmaize%26hl%3Des%26sa%3DG

<http://www.cgiar.org/languages/lang-spanish.html>

http://beta.cimmyt.org/index.php?option=com_content&view=article&id=271&Itemid=200&lang=es

Entrevistas

Melo, Karen. (2008). Entrevista realizada al Dr. Arnoldo en su Laboratorio de Mejoramiento de Trigo, CIMMYT. El Batán a 4 Km. de Texcoco, Edo. De México. (Noviembre 20).

Melo, Karen (2008). Entrevista realizada al Dr. Roberto J. en su Laboratorio de Mejoramiento de Trigo, CIMMYT. El Batán a 4 Km. de Texcoco, Edo. De México. (Diciembre 4).

Melo, Karen(2009). Entrevista realizada al M. en C. Torres Flores, José L. en Laboratorio de Mejoramiento de Maíz de Valles Altos, CIMMYT. El Batán a 4 Km. de Texcoco, Edo. De México. (Abril, 1).