

ENTRE LO INESPERADO Y LO IMPREVISTO:
LA SEQUÍA Y LOS PROYECTOS DE
MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y SORGO
EN EL BAJÍO, 1943-1970

Netzahualcóyotl Luis Gutiérrez Núñez¹
Universidad de Guanajuato

¿Qué relación ha tenido el nivel de precipitaciones con el diseño, difusión y adopción de nuevas tecnologías agrícolas en la historia del campo mexicano?² A pesar de su notoria importancia en la práctica agrícola, la escasez de lluvias ha recibido poca atención por la historiografía agraria mexicana que se ha ocupado del siglo xx.³ En este artículo, que se propone tratar un episodio de la historia agraria tecnocientífica de México, se estudia el impacto que tuvieron las condiciones medioambientales en los trabajos de mejoramiento vegetal y diversificación

Fecha de recepción: 9 de abril de 2019

Fecha de aceptación: 10 de septiembre de 2019

¹ El presente artículo se elaboró durante mi estancia posdoctoral en el programa de Maestría en Historia (Estudios Históricos Interdisciplinarios) de la Universidad de Guanajuato, financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Agradezco a ambas instituciones por el apoyo recibido para la realización de este trabajo.

² Por nivel de precipitaciones se entiende la medición en ml de agua por unidad de superficie; en México se utilizan m².

³ Sobre el tema véase el estudio pionero de FLORESCANO, *Precios del maíz*, pp. 117 y 118, así como el más contemporáneo de ABOITES AGUILAR y CAMACHO, “Aproximación al estudio”, pp. 263 y 264.

agrícola que realizaron científicos estadounidenses en México entre las décadas de 1940 y 1960, periodo inscrito en una época de progresivo calentamiento global.⁴ En concreto me interesa observar los casos de dos cultivos: uno originario de México, el maíz, el otro africano, el sorgo, adaptado en Estados Unidos, y sus avatares en una importante región agrícola, el Bajío.

En 1943, en plena segunda guerra mundial y luego de un proceso de negociaciones y acuerdos entre los gobiernos de México y Estados Unidos y la Fundación Rockefeller, inició el Plan Agrícola Mexicano, con el objetivo de modernizar la agricultura nacional.⁵ Para ponerlo en marcha, la Fundación contrató a connotados científicos estadounidenses que establecieron la Oficina de Estudios Especiales (OEE), que fuera la institución de innovación tecnológica agropecuaria más importante hasta 1961, año en que cedió su sitio al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.⁶ Entre esos científicos se encontraban los genetistas Paul Mangelsdorf y Edwin Wellhausen, que elaboraron un plan para mejorar la agricultura mexicana del maíz con base en trabajos de innovación biotecnológica, de química agrícola y de técnicas culturales mecanizadas.⁷

Sobre la labor de la OEE en el maíz y el sorgo, en este artículo se estudiará sólo la innovación biotecnológica. Las investigaciones que han revisado el proceso de mejoramiento vegetal del maíz han tomado en cuenta, sobre todo, los trabajos de

⁴ El progresivo calentamiento habría iniciado en la segunda década del siglo pasado y continuado a lo largo de éste, según Emmanuel Le Roy Ladurie. Esa hipótesis, construida a partir del caso de Europa Occidental, se reafirma con observaciones en otras latitudes. Véase LADURIE, *Historia humana y comparada del clima*, pp. 884-897 y “Tim Osborn: HadCRUT4 global temperature graphs”, en *Climatic Research Unit*, <http://www.cru.uea.ac.uk/data>, consultado el 31 de marzo de 2019.

⁵ COTTER, *Troubled Harvest*, p. 11.

⁶ Rockefeller Annual Report 1944, pp. 169-171; HEWITT, *La modernización de la agricultura*, p. 33.

⁷ MATCHETT, “Untold Innovation”, pp. 86-90.

experimentación sobre las variedades de esta planta y su difusión en algunas regiones agrícolas mexicanas; es decir, la labor de investigación en los laboratorios, en los campos de experimentación y, de manera general, la difusión de las semillas mejoradas.⁸ No obstante, hace falta poner atención en fenómenos que se dan más allá de esa relación experimentación-difusión, y no perder de vista que los trabajos de fitomejoramiento de los científicos estadounidenses actuaron sobre seres biológicos que ya de por sí eran tecnologías resultado de procesos de circulación, innovación y adaptación a contextos agroecológicos diversos. La elección científica para el fitomejoramiento de las variedades de los dos cultivos se hizo con base en características morfológicas y fisiológicas que eran resultado de procesos de domesticación y adaptación milenarios, las cuales, sin embargo, no fueron reconocidas.⁹ Ello significa, por tanto, considerar la labor de la OEE como un nuevo momento de innovación biotecnológica, vinculado a fenómenos como la industrialización, la urbanización, y a cambios en la alimentación humana, a partir de los años cuarenta del siglo pasado.¹⁰

Sin embargo, la negación de los procesos de circulación previos y las concepciones de Mangelsdorf y Wellhausen sobre entornos agropecuarios que podían ser aislados del medio que

⁸ Consúltense al respecto los trabajos de COTTER, "Before the green revolution", p. 546 y ss; MATCHETT, "Untold Innovation", pp. 109-144.

⁹ Sobre la labor de mejoramiento y el no reconocimiento de los procesos de innovación biotecnológica previos al Plan Agrícola Mexicano, véase GUTIÉRREZ, "Cambio agrario y revolución verde", p. 170. Los esfuerzos anteriores en el campo de la geología y química de suelos, semillas y otras áreas de la agronomía tuvieron lugar en la década de 1900. Al respecto, Cecilia Zuleta observa cambios en esa dirección a nivel institucional y de innovación, mientras Joseph Cotter estudió las investigaciones de científicos extranjeros en temas como la innovación biológica y los fertilizantes. ZULETA, "La invención de una agricultura", pp. 93-141; COTTER, "Before the green revolution", p. 62.

¹⁰ OLMSTEAD y RHODE, *Creating Abundance*, pp. 64-97; WALTON, "Varietal innovation", p. 33; PUJOL-ANDREU, "Wheat varieties", p. 76 y 81.

los rodeaba resultaron problemáticas. Su intención fue separar una ciencia de laboratorio donde se concentraría la circulación y la experimentación, y una adaptación tecnológica a los campos que proyectaron, sin obstáculos. Esto, sin embargo, no discurrió sin que se enfrentaran problemas y se plantearan itinerarios inesperados, en parte debido a la influencia de las condiciones medioambientales y de los procesos de adaptación agroecológica de las nuevas plantas.¹¹

En tales itinerarios inesperados, planteados entre 1940 y 1970, se enfoca esta investigación: ¿cómo influyeron las condiciones medioambientales en los proyectos de mejoramiento del maíz y el sorgo en el Bajío mexicano? Para responder esta pregunta el artículo se dividirá en tres partes. En una primera se exponen las características geográficas, climáticas y agrícolas de esa región del centro de México y se explica por qué los científicos de la OEE la eligieron como uno de sus puntos iniciales de investigación con relación al maíz. A continuación, se describirán y explicarán los periodos de sequía que se experimentaron en el Bajío en las décadas de 1940 y 1950. En una tercera sección se explicará en qué consistió el programa de mejoramiento del maíz de la OEE, cuáles fueron los problemas que enfrentó y cómo lo anterior impulsó el proceso de innovación agrobiológica del sorgo a partir de los años cincuenta. Este proceso de innovación, aunado a cambios agropecuarios, industriales y urbanos, dio al sorgo la oportunidad para insertarse en el mundo agrario mexicano en la segunda mitad del siglo pasado.

EL BAJÍO Y LA OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES

Por el Bajío se entiende una cuenca tectónica –parte del Eje Neovolcánico–, modelada por antiguos conos volcánicos, fracturas y fallas, así como por escurrimientos que han dado origen

¹¹ GUTIÉRREZ, “Cambio agrario y revolución verde”.

a un conjunto de ríos que forman parte de lo que hoy se conoce como el sistema Lerma-Chapala.¹² De acuerdo con Bernardo García, el Bajío es una “extensa pero irregular llanura aluvial que forman el Lerma y sus afluentes en su cuenca media [...] de relieve muy ondulado, fértil pero no muy húmedo”.¹³ En términos hidrográficos, el Lerma es la principal corriente fluvial del Bajío, la cual nace en el valle de Toluca a más de 2 500 m sobre el nivel del mar, recorriendo después relieves de menor altitud y encontrándose con los ríos la Laja, el Guanajuato y el Turbio, que tras su descenso de la Mesa del Centro le proporcionan mayor caudal hasta su desembocadura en el lago de Chapala, el mayor vaso natural de México.¹⁴ De este espacio más amplio, sólo tomaré una parte, la que queda comprendida por los actuales estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco, y que también es por cierto la que tiene la mayor porción de esa zona geográfica (véase mapa 1).

En cuanto al clima, en la parte del Bajío que me ocupa, predominan el semicálido y el templado, con temperaturas promedio de 24 y 18°C respectivamente. Las precipitaciones promedio rondan entre 600 y 700 mm³ anuales. No obstante, se presentan algunas variaciones respecto de ese promedio, pues en la parte noroccidental (León, Silao) se alcanzan apenas los 700 mm³ anuales y en la suroccidental (Pénjamo y Manuel Doblado) la cifra puede llegar hasta los 1 000 mm³ anuales. En cuanto a los suelos, en el Bajío predominan los vertisoles: negros, arcillosos y con alta capacidad para retener humedad.¹⁵

¹² BOTERO-SANTA, ALANIZ-ÁLVAREZ, NIETO-SAMANIEGO, LÓPEZ-MARTÍNEZ, LEVRESSE, XU y ORTEGA-OBREGÓN, “Origen y desarrollo”, p. 84.

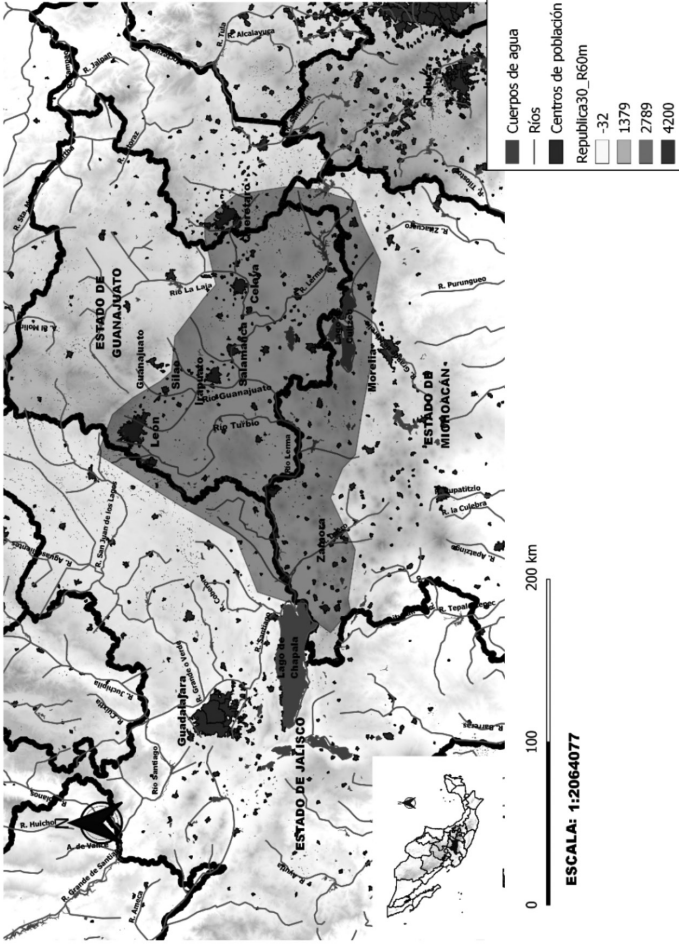
¹³ GARCÍA MARTÍNEZ, *Las regiones de México*, p. 68.

¹⁴ GARCÍA MARTÍNEZ, *Las regiones de México*, pp. 68-69.

¹⁵ *Síntesis geográfica*, pp. 22-25, http://internet.contenidos.inegi-org.mx/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220457/702825220457_1.pdf, consultada el 26 de septiembre de 2018.

Mapa 1

UBICACIÓN APROXIMADA DE EL BAJÍO, SISTEMAS HIDROLÓGICOS Y RELIEVE



FUENTE: elaboración propia.

En suma, las características geográficas, climáticas e hidrográficas del Bajío lo colocan como una región apta para la agricultura. No obstante, dos de sus factores agrológicos deben tomarse en cuenta. El historiador Bernardo García caracterizó a esta región como un espacio “no muy húmedo”. En la mayor parte de esa región el promedio de precipitaciones es apenas suficiente para cultivos como el maíz, que para su crecimiento óptimo requiere una lámina de 800 mm anuales. Además, la distribución de las lluvias es irregular. Si bien la mayor parte de las precipitaciones se dan en el periodo mayo-septiembre, en ocasiones la duración puede acortarse o alargarse. Incluso en alguno de los meses enunciados que componen la denominada estación de lluvias pueden existir semanas sin que caiga una gota (por ejemplo, la llamada “calma de agosto), o bien darse días con precipitaciones muy abundantes que causan inundaciones.¹⁶ El siguiente factor a tomar en cuenta es el suelo. Como se señaló arriba, los vertisoles tienen gran capacidad para retener agua, pero son arcillosos, característica esta última que dificulta la labranza y puede generar problemas de inundación si no hay un drenaje eficiente.¹⁷ Esto explica por qué en la época prehispánica esta área con potencial agrícola no fue explotada. Fue hasta el arribo de los métodos de cultivo europeos, en el siglo XVI, que esas tierras fueron roturadas y dieron pie a una agricultura próspera, de la mano de la hidráulica y de la demanda minera.¹⁸

La tecnología hidráulica desarrollada en el Bajío durante la colonia fue consecuencia de una labor de adaptación de técnicas africanas (egipcias) y europeas al paisaje geológico e hidrográfico

¹⁶ SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, “*El mejor de los títulos*”, p. 48.

¹⁷ El suelo vertisol se compone por sedimentos con una elevada proporción de arcillas; se vuelven duros en la estación seca y muy plásticos en la húmeda. “El suelo vertisol”, consultado en <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Vertisol.htm>, 1º de abril de 2019.

¹⁸ BRADING, *Mineros y comerciantes*, p. 301; BAKEWELL, *Minería y sociedad*, pp. 90 y 91.

de la región.¹⁹ De acuerdo con Martín Sánchez, desde la colonización temprana, buscando contrarrestar esta humedad limitada, los agricultores adaptaron una antigua tecnología para producir trigo: el riego por aniego. Esta forma de riego conducía los escurrimientos del temporal de lluvias –denominadas aguas broncas– mediante obras de derivación y canales que alimentaban un sistema de campos de cultivo bordeados e interconectados –las cajas de agua–, los cuales se mantenían hasta principios de octubre, momento en que eran desaguados para cultivar trigo en el limo, nutritivo y húmedo.²⁰ Como apuntó Bernardo García, los campos bordeados devinieron partes del paisaje agrario del Bajío, pues se integraron a “los recodos y hondonadas” para “retener al menos temporalmente las no muy abundantes aguas superficiales”.²¹

El trigo fue el beneficiario de esos sistemas hidráulicos, mientras que el maíz –de menor valor– fue cultivado bajo temporal y de forma marginal con riego.²² Otra diferencia consistió en que mientras el trigo era controlado por las haciendas, el maíz se cultivó en mayor medida por pegujaleros, aparceros y arrendatarios.²³ A pesar de lo anterior, ambos cereales fueron elementos nodales de esta agricultura, una de las más importantes –quizá la más importante– de México durante la época colonial e independiente, hasta la aparición de las grandes extensiones irrigadas al norte del país, en la posrevolución.²⁴

Sin embargo, no fueron sólo los grandes campos agrícolas del Norte los que restaron importancia al Bajío. Según Óscar

¹⁹ SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, *Cuando las aguas se dividen*, pp. 37-105.

²⁰ SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, “*El mejor de los títulos*”, pp. 69-74.

²¹ GARCÍA MARTÍNEZ, *Las regiones de México*, p. 68.

²² BRADING, *Mineros y comerciantes*, p. 301; BAKEWELL, *Minería y sociedad*, pp. 90 y 91; TUTINO, *De la insurrección*, pp. 63-65.

²³ BRADING, *Haciendas y ranchos*, p. 141; SÁNCHEZ RANGEL, “La transformación de la economía”, p. 145.

²⁴ SÁNCHEZ RANGEL, “La transformación de la economía”, p. 12.

Sánchez, esta región mostraba hacia los años treinta del siglo pasado un declive en su producción agrícola, en particular en maíz y trigo, comparada con los años previos a la revolución mexicana. El otrora granero de México enfrentaba problemas derivados de la incertidumbre del reparto agrario y su impacto en los derechos de propiedad y la inversión, conflictos armados como la revolución mexicana y la Guerra cristera, la caída demográfica causada por estos y la consecuente disminución en la demanda local de bienes alimenticios.²⁵ En ese contexto, los gobiernos estatal y federal y organizaciones de agricultores trazaron rutas para impulsar la agricultura, una de ellas la posibilidad de tecnificarla.²⁶ Los gobiernos posrevolucionarios se plantearon la recuperación de esa importante zona agrícola, ya fuera mediante una reforma agraria, o con base en una modernización de la agricultura. Esta última opción fue la que tomó fuerza a partir de los años cuarenta, cuando la conjunción de la geopolítica estadounidense, las políticas públicas mexicanas y los intereses de la Fundación Rockefeller dieron forma al Plan Agrícola Mexicano, proyecto que llevaría a la agricultura mexicana por los derroteros ya seguidos en los países industriales.²⁷

LA OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES:
UNA VISIÓN GENERAL

En publicaciones, folletos y estudios de los años cuarenta y cincuenta, la idea de modernizar la agricultura se relacionaba con múltiples factores, como la mecanización, el mejoramiento vegetal y el uso de fertilizantes.²⁸ Si se añade a esto el tema de los

²⁵ SÁNCHEZ RANGEL, “La transformación de la economía”, p. 12.

²⁶ SÁNCHEZ RANGEL, “La transformación de la economía”, p. 160.

²⁷ HEWITT, *La modernización de la agricultura*, p. 32.

²⁸ Esto se puede observar en muchas publicaciones de la época. Un ejemplo de ello es la revista *Tierra*. Véanse los artículos “DDT, insecticida de moda”, que apareció en el número 4 de enero de 1946, o “¿Qué es el maíz híbrido?”,

pesticidas tendremos lo que en los años setenta se denominó el “paquete tecnológico”.²⁹ Pero, ¿qué significaba modernizar la agricultura? ¿Para qué aplicar de manera extensiva e intensiva esos factores de producción en el campo mexicano? En lo que respecta a las innovaciones biotecnológicas, particularmente de las semillas, ¿qué significaba por entonces modernizar, para qué modernizar? De acuerdo con Yapa Lakshman, las nuevas sientes implicaban nuevos conocimientos y técnicas de cultivo, pero también relaciones sociales de producción, nuevas formas de circulación, distribución y consumo.³⁰ Por otro lado, según Louis Malassis, tales innovaciones habría que entenderlas en un nuevo momento de la agricultura: el de la era agroindustrial. Por tanto, integrar la agricultura a la dinámica económica capitalista fue el motor de los cambios agrícolas: por un lado, se utilizarían nuevas tecnologías biológicas, químicas y mecánicas, y por otro los bienes agropecuarios deberían ser insumos de nuevos procesos industriales.³¹ En consecuencia, la modernización no se refería sólo al uso del paquete tecnológico en la agricultura, sino a su inserción en una nueva economía política. En los años cuarenta, la política económica del gobierno mexicano se encaminó hacia la industrialización por sustitución de importaciones, siendo una de las columnas principales de ese modelo la autosuficiencia alimentaria, que permitiría ahorrar divisas para

en el número 10, de julio de 1946, o el texto de FABILA, “Mecanización”, que apareció en el número 3 de esa misma revista, en marzo de 1947. Igualmente, “Los problemas de la agricultura en México”, por Leopoldo Flores Zavala, en la *Revista Mexicana de Sociología*, 5: 1 (1er. cuatrimestre, 1943), pp. 63-72; y también varios artículos en la muy conocida *Problemas Agrícolas e Industriales de México*, publicada desde 1946. Como ejemplo: Julián Rodríguez Adame, “El problema agrario mexicano y la maquinización agrícola”, 1: 1 (jul.-sep. 1946), pp. 105-118.

²⁹ Véase, por ejemplo, CLEAVER, “The Contradictions of the Green Revolution”, pp. 177-186.

³⁰ LAKSHMAN, “What are Improved Seeds?”, pp. 254-273.

³¹ MALASSIS, “Histoire de l’agriculture”, p. 195.

pagar los bienes de capital necesarios para edificar la expansión de la industria nacional y proporcionar los bienes salario para alimentar el creciente empleo urbano.³²

En esa emergente economía política, la nueva agricultura se formaría sobre dos pilares: la actividad científica y de innovación de expertos y una nueva institución, la Oficina de Estudios Especiales (OEE). El diseño general del proyecto científico fue propuesto por el fitopatólogo Elvin Stakman y el genetista Paul Mangelsdorf, luego de un diagnóstico realizado por una comisión que visitó distintas áreas rurales de México en 1941. Dos años más tarde, ya con el proyecto en marcha, llegaron a México George Harrar, fitopatólogo, y Edwin Wellhausen, fitomejorador. En 1944, arribaron Norman Borlaug, también fitopatólogo, William Colwell, especialista en suelos, y Carl Tenbroeck, zootecnista.³³ En casi dos décadas, el personal de la OEE fue ampliándose con investigadores estadounidenses tan connotados como el fitopatólogo John Niederhauser, o mexicanos, casos del etnobotánico Efraím Hernández Xolocotzi, o el especialista en suelos Nicolás Sánchez Durón.³⁴ Durante ese periodo, la OEE fue el epicentro de un cambio tecnocientífico que modificó la manera como se entendía y se practicaba la agronomía.³⁵ Por otro lado, la práctica científica y los discursos técnicos, que en un principio se dirigieron al trigo, al maíz y al frijol, se fueron ampliando a un mayor número de cultivos y actividades pecuarias, al pasar de una política tecnocientífica dirigida sólo a la autosuficiencia, a otra que agregó también lo que los científicos estadounidenses denominaron “revolución

³² CÁRDENAS, *La hacienda pública*, pp. 124-129.

³³ STAKMAN, BRADFIELD y MANGELSDORF, *Campaigns against Hunger*, pp. 4 y 5.

³⁴ STAKMAN, BRADFIELD y MANGELSDORF, *Campaigns against Hunger*, p. 110; “Por los centros de investigación”, p. 31; ORTEGA PACZKA, “Vida y aportes”, p. 33.

³⁵ GUTIÉRREZ, “Cambio agrario y revolución verde”, pp. 185-192.

en la agricultura”, que se entendía, en lo general, como un cambio cualitativo en la agricultura que redundaría en incrementos sostenidos en la productividad y la producción.³⁶

En el caso de los cereales, trigo y maíz, los científicos de la OEE pusieron buena parte de sus energías en el fitomejoramiento. La genética agrícola basada en los hallazgos de Gregor Mendel se había impuesto después de un largo y complejo proceso en la academia agronómica estadounidense.³⁷ La crisis de 1929, las políticas del New Deal y las sequías allanaron el camino en los años treinta para que ese modelo científico se estableciera como el hegemónico.³⁸ Pero también, como lo ha planteado Deborah Fitzgerald, la genética mendeliana se impuso debido a la confluencia de intereses científicos y económicos: la emergente pero potente agroindustria del Medio Oeste estadounidense, que alentó los esfuerzos de científicos agrícolas en universidades de Illinois, Iowa o Nueva York.³⁹ Tal situación no era fortuita. El Medio Oeste era el corazón del Corn Belt, la región donde se concentraba la mayor producción maicera de Estados Unidos y del mundo. En ese contexto, la posibilidad de producir plantas y granos uniformes era una condición imprescindible para impulsar los mercados locales e internacionales de cereales, así

³⁶ STAKMAN, BRADFIELD y MANGELSDORF, *Campaigns against Hunger*, p. 7.

³⁷ FITZGERALD, *The Business of Breeding*, pp. 24-42.

³⁸ PHILLIPS, *This Land, This nation*, p. 126; sobre la sequía y la difusión de las semillas mejoradas en el Medio Oeste estadounidense, véase SUTCH, “The Impact of the 1936 Corn Belt”, p. 136.

³⁹ FITZGERALD, *The Business of Breeding*, pp. 22-28. Por genética mendeliana se entienden un conjunto de teorías, metodologías y conceptos que desarrolló Gregor Mendel para estudiar las leyes de la transmisión hereditaria de las características individuales a lo largo de las generaciones. En el siglo XIX la experimentación con base en la genética mendeliana se realizó mediante el manejo de la reproducción controlada, la comparación y el manejo estadístico de los fenotipos resultantes. En el siglo XX, a nivel experimental la llegada de los métodos moleculares otorgó mayor precisión a las posibilidades de controlar los caracteres heredados. Véase CASANUEVA y MÉNDEZ, “Teoría y experimento en Genética”, pp. 285-287.

como los procesos de transformación industrial que se constituían de manera paralela ante los avances de la química y la mecánica.⁴⁰

Por tanto, en el caso del maíz, los planes de fitomejoramiento de la OEE buscaron crear plantas uniformes que aumentarían la producción de la principal fuente de carbohidratos en México, y también que impulsarían nuevos usos del grano. Con esos objetivos, el programa maicero inició en 1944. En su diseño fueron fundamentales Paul Mangelsdorf, así como Edwin Wellhausen, ambos genetistas. Los trabajos se iniciarían en las áreas agrícolas donde históricamente el cultivo del maíz había tenido más desarrollo, el Bajío entre ellas. El siguiente apartado resume los trabajos de la OEE sobre el maíz mexicano.⁴¹

LA OEE Y EL MAÍZ, ¿POR QUÉ EL BAJÍO?

La uniformidad de las plantas era el objetivo del programa de mejoramiento que proponían Mangelsdorf y Wellhausen, pero ¿qué significaba eso en términos genéticos y agrícolas? ¿Para qué utilizar la genética mendeliana en el fitomejoramiento del cultivo del maíz?

La uniformidad fue un problema que la agricultura capitalista trató de resolver no sólo con métodos mendelianos. A fines del siglo XVIII, y sobre todo en el XIX, el fitomejoramiento se realizaba por medio de un proceso de selección basado en inspecciones oculares cuyo objetivo era detectar las características morfológicas deseables en las plantas, así como de las cualidades de los granos: textura, color, cantidad de gluten; conocimiento basado en la experiencia y transmitido vía las labores cotidianas. Una vez detectadas, la simiente de esas plantas era reproducida para obtener poblaciones enteras con características relativamente

⁴⁰ HOGG, *Technological Change in Agriculture*, pp. 152-170.

⁴¹ GUTIÉRREZ, "Cambio agrario y revolución verde", p. 165.

homogéneas.⁴² No obstante, el problema principal que presentaba este método de mejoramiento genético era que no se podía controlar la presencia de características no deseables en la descendencia. ¿Cómo asegurar que la progenie de variedades sobresalientes de maíces heredaría sus cualidades? Una manera de sortear esa dificultad fue el linaje, verificar la ascendencia, construir genealogías que permitieran dar mayor certidumbre a la herencia. Sin embargo, las posibilidades de un legado genético aleatorio persistían, y con ello los problemas para los negocios en un emergente mercado de semillas mejoradas que vinculaba empresas del ramo con industrias de transformación como la cervecera, la azucarera o la harinera.⁴³

Para resolverlo, a finales del siglo XIX las teorías de Mendel fueron utilizadas en el fitomejoramiento y la zootecnia. A diferencia de los métodos de poblaciones, que veían los campos de cultivo como un conjunto de rasgos morfológicos, para la genética mendeliana se convertían en conjuntos de caracteres genéticos que se podían descifrar, controlar y reproducir para contener la variabilidad que daba contenido a los procesos evolutivos.⁴⁴ La promesa del mendelianismo fue controlar la inestabilidad de la herencia aplicando las leyes de Mendel y sus proporciones, las cuales explicaban la presencia de determinados caracteres en la descendencia de plantas que se reproducían por

⁴² Este tipo de mejoramiento de poblaciones era muy antiguo, milenario. Las evidencias de algunos trabajos muestran que, ante los cambios en la agricultura intensiva en el siglo XVIII, este tipo de mejoramiento se estaba enfocando cada vez más, en algunos espacios agrarios, a seleccionar plantas con mayor producción de grano o follaje, dependiendo de los usos y necesidades. Véanse PALLADINO, "The Political Economy", p. 449; PUJOL-ANDREU, "Wheat varieties", p. 80; WALTON, "Varietal innovation", p. 48. Para el caso francés y la empresa semillera de los Vilmorin, véase BONNEUIL, "Mendelism", p. 299.

⁴³ BONNEUIL, "Mendelism", p. 299; WIELAND, "Scientific", pp. 313 y 314; WALTON, "Varietal innovation", p. 37; PALLADINO, "Between Craft", p. 306.

⁴⁴ FITZGERALD, *The Business of Breeding*, p. 25.

vía sexual, casos del maíz y el sorgo.⁴⁵ No obstante, en la práctica la genética mendeliana encontró resistencias intelectuales y financieras, así como dificultades para resolver problemas técnicos que permitieran llevar a la práctica sus postulados.⁴⁶

De cualquier manera, para los años veinte del siglo pasado, la genética mendeliana ya imperaba en la academia agronómica de Estados Unidos. En los años treinta, durante la presidencia de Franklin D. Roosevelt, se instrumentaron políticas agrarias para rescatar el campo estadounidense, que sufría los embates de la sobreproducción y el abatimiento de los precios. Adalid de esas políticas fue Henry Wallace, vicepresidente y también uno de los más importantes agroindustriales de Estados Unidos, dueño de la empresa Pioner-HiBred. En ese contexto, las semillas mejoradas mediante el método mendeliano —denominadas híbridas— se convirtieron en vehículos de una nueva relación entre ciencia, política y agricultura en los años treinta y cuarenta.⁴⁷ Con las semillas híbridas como uno de sus ejes, la agricultura maicera estadounidense se convirtió en la más productiva del mundo, y ese modelo fue el que se trató de transferir a México a principios de los años cuarenta del siglo pasado.

La genética mendeliana sería, entonces, la solución al problema de la incertidumbre en la herencia, lo cual suponía una novedad. No obstante, los científicos que la utilizaba recurrían a técnicas de métodos previos, tales como la necesidad de encontrar variedades sobresalientes; es decir, en la primera mitad del siglo XX aún era necesaria la vieja práctica de la inspección ocular para identificar los mejores fenotipos —como primer paso—, para

⁴⁵ FITZGERALD, *The Business of Breeding*, pp. 92-103, HARWOOD, “Did Mendelism”, p. 350.

⁴⁶ ROSENBERG, “Rationalization and Reality”, p. 403; KINGSBURY, *Hybrid*, p. 229.

⁴⁷ PHILLIPS, *This Land, This Nation*, p. 181; FITZGERALD, *The Business of Breeding*, p. 75.

después pasar al análisis del genotipo.⁴⁸ En el caso mexicano, ese primer paso lo habían comenzado ya en el Instituto Biotécnico los jóvenes científicos Edmundo Taboada y Eduardo Limón a mediados de los años treinta.⁴⁹ Limón realizó trabajos de selección y mejoramiento en el Centro Occidente de México, en el Bajío michoacano y guanajuatense, sentando un precedente importante. Una razón que explica esas investigaciones es que, al ser una de las regiones agrícolas más importantes del país a lo largo de su historia, se deducía que en el Bajío podían encontrarse variedades más productivas, adecuadas para impulsar una nueva agricultura maicera posrevolucionaria.⁵⁰

Y no estaban equivocados. La raza Tuxpeño de maíz había sido llevada a los valles del Bajío –sin que sepamos el momento específico– y se había diversificado en variedades como la Chalqueña o la Celaya, muy productivas debido a que su proceso de adaptación y domesticación se había producido en espacios con buenas condiciones agrológicas.⁵¹ La variedad Celaya fue

⁴⁸ HARWOOD, “Did Mendelism?”, p. 353.

⁴⁹ El Instituto Biotécnico se creó en 1934, aglutinando a un grupo de biólogos profesionales. Hasta principios de los años cuarenta en esa institución se explotó la historia evolucionaria del maíz y se discutieron las posibilidades de utilizar ese conocimiento para crear nuevas variedades de maíz que tuvieran mayores rendimientos; MATCHETT, “At Odds over Inbreeding”, p. 333.

⁵⁰ RAC, 6.13, 1.1, 33, 366, Memorandum of Harry Miller, “Superior Agricultural Schools”. MATCHETT, “Untold Innovation”, 89-92; ABOITES MANRIQUE, *Una mirada diferente*, p. 65.

⁵¹ WELLHAUSEN, HERNÁNDEZ y MANGELSDORF, *Las razas de maíz*, pp. 690-710. Es conveniente aquí discernir entre raza y variedad. El concepto de raza se utiliza en el maíz y en las plantas cultivadas para agrupar individuos y poblaciones que comparten un conjunto de características comunes de orden morfológico, ecológico, genético y de historia de cultivo que permiten diferenciarlas de otros grupos. Por otro lado, dado que el maíz es una planta alógama, es decir, que se reproduce sexualmente, la combinación de material genético y la adaptación a diversos contextos ecológicos produce variaciones en individuos pertenecientes a una misma raza, con diferencias en formas de mazorca, color, textura de grano, entre otras características.

seleccionada por Limón a principios de los años cuarenta cerca de León Guanajuato. Luego, tras reconocerse que las semillas híbridas estadounidenses no se adaptaban a los campos mexicanos, la Celaya fue entregada en el marco del Plan Agrícola Mexicano a los científicos de la OEE en 1944.⁵² Este trabajo de selección de variedades sobresalientes fue continuado por el propio Limón, así como por Wellhausen y Hernández, a la vez que iniciaban las tareas de mejoramiento genético en los campos experimentales de la OEE en Chapingo, en el Estado de México. En dichas tareas, el material tuxpeño –y en particular la Celaya– constituyó una base genética altamente apreciada. La gran importancia de ese material para la historia del fitomejoramiento en México, incluso en el mundo, se puede probar con el hecho de que todavía en los años ochenta, en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, era considerado como “una mina de oro para el futuro del mejoramiento”.⁵³ Estamos hablando entonces de que el Bajío tuvo relevancia para el proyecto de mejoramiento en cuanto a los materiales genéticos del maíz ahí presentes. Así, se tenía maíz sobresaliente para los fines perseguidos –aumentar la producción– y un área agrícola con gran potencial; por tanto, las expectativas de conseguir el renacimiento del Bajío en el plano maicero eran amplias.

A partir de 1944 las tareas de mejoramiento en la OEE se realizaron en dos sedes: Chapingo, de clima templado, y Xalostoc, en Morelos, con clima cálido, en una división estacional que permitiría realizar experimentos en verano y continuarlos en

⁵² RAC, 1,1 323, 2, 21, Reporte de la Oficina de Estudios Especiales, 1º de junio de 1943-1º de junio de 1944. MATCHETT, “Untold innovation”, pp. 89-92.

⁵³ *Mejoramiento de la excelencia*, p. 3. La publicación conmemora los 20 años del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1968-1988) y en ella se reflexiona sobre lo realizado en mejoramiento de maíz y sobre las proyecciones en las décadas siguientes. Los autores de la publicación, según la mención de responsabilidad, fueron el personal científico del área del maíz en esa institución.

invierno. La idea de lo anterior era darle velocidad al proyecto. La experiencia de mejoramiento en Estados Unidos dictaba que la creación de híbridos tardaba entre 7 y 10 años. Con el trabajo doble, aprovechando la ausencia de heladas en Xalostoc, el tiempo se reduciría a la mitad.⁵⁴ Para 1947, el personal de la OEE ya disponía de semillas mejoradas. El gobierno de Miguel Alemán decidió que sería una institución mexicana la que difundiría las nuevas semillas en los campos de cultivo: la Comisión Nacional del Maíz. Al mando de ella estaría una persona muy cercana al presidente, Gabriel Ramos Millán.⁵⁵ Con un trasfondo político, la difusión comenzó con una gran propaganda en distintos estados de la República. Gobernadores y presidentes municipales participaron en esas labores, muchos de ellos también agricultores o con intereses en el agro. En teoría, los científicos de la OEE y funcionarios gubernamentales pensaban que las semillas irían ganando terreno –como lo habían hecho en Estados Unidos durante el New Deal y la segunda guerra mundial– por medio de los “agricultores progresistas”, quienes serían punta de lanza, pero también difusores en el plano local. Creían que con el tiempo las semillas uniformes y con genes de alta productividad se impondrían en los campos mexicanos, desplazando a la simiente local, diversa y menos productiva. Si eso se conseguía, la ecuación sería perfecta (así lo entendían ellos): mejores plantas, más maíz y, por tanto, mejor alimentación.⁵⁶

⁵⁴ *Resumen del informe de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1947-1948*, pp. 101-115. Sobre las expectativas de un trabajo de mejoramiento de 7 a 10 años, véase “Henry A. Wallace habla para ‘Tierra’.

⁵⁵ ABOITES MANRIQUE, *Una mirada diferente*, p. 71; AGUIRRE, *Alemán y la Comisión del Maíz*, p. 264. Gabriel Ramos Millán, nacido en Ayapango, Estado de México, en 1903, fue compañero de Miguel Alemán en la Escuela Nacional de Jurisprudencia. Fue diputado y senador y fundador de la Comisión del Maíz. Murió en 1949 en un accidente aéreo en las inmediaciones del Popocatepetl, cuando viajaba desde Oaxaca hacia la ciudad de México.

⁵⁶ AGHEG, *SAyG*, 3.50, Guanajuato, 6 de abril de 1949. GUTIÉRREZ, “Cambio agrario y revolución verde”, pp. 257-260.

No obstante, los proyectos fueron amplios y las realidades estrechas. ¿Qué sucedió con la difusión de las nuevas semillas? Las evidencias muestran que los resultados en los campos fueron pobres: en muchos casos las plantas no lograron desarrollarse a plenitud o sus mazorcas no se llenaron de granos. En el Bajío, ejidatarios que perdieron parte de sus cosechas con las nuevas semillas incurrieron en deudas con la banca agrícola gubernamental o con los prestamistas locales. Asociaciones de productores que en un inicio se habían sumado a las campañas de propaganda guardaron silencio ante el desastre de las semillas en los campos.⁵⁷ Entre las causas de los fracasos en la época se acusó a los científicos de la falta de adaptación de las plantas, debido a una limitada experimentación, así como a su difusión temprana. También se acusó a funcionarios estatales de mentir respecto de las semillas, al referir por medio de la prensa y otros medios que eran capaces de adaptarse a cualquier circunstancia ecológica y climática, así como de superar a las variedades locales en el terreno de la productividad en grano por ha, lo cual no sucedió.⁵⁸ Todo lo anterior, sin duda, pesó en el desempeño de las plantas en los campos abajeños. No obstante, un factor de igual o mayor importancia para explicar el pobre desempeño de las nuevas variedades fue la sequía. De ella se hablará a continuación.

LA FALTA DE LLUVIAS: LA TORMENTA PERFECTA PARA LAS NUEVAS SEMILLAS

La sequía no es un fenómeno raro en México, tampoco en el Bajío guanajuatense. ¿Qué entendemos aquí por sequía? Podría definirse como un fenómeno meteorológico caracterizado por una reducción en el nivel promedio de precipitaciones en una

⁵⁷ AGHEG, SAyG, 3.50, Apaseo, 2, 4 de agosto de 1950. Oficio sobre deudas del ejido de Marroquín por semilla híbrida.

⁵⁸ Diario *El Informador* (lunes 18 oct. 1948), editorial “Los Experimentos en Agricultura”.

región determinada y de acuerdo con su régimen pluviométrico, es decir, su distribución anual (mensual, estacional).⁵⁹ A lo anterior se agregaría el impacto de la sequía en los ciclos hidrológicos (reducción de escurrimientos, nivel de mantos freáticos y de cuerpos de agua –naturales y artificiales–) y, consecuencia de lo anterior, en las actividades humanas.⁶⁰ Asimismo, respecto del régimen pluviométrico, hay otro factor que se añade a la conceptualización de la sequía: la existencia de variaciones extremas en la caída de las lluvias; es decir, precipitaciones muy intensas –sobre todo si se toma en cuenta que México está en una región del mundo donde los huracanes son frecuentes– en periodos de tiempo cortos –incluso horas–, y pocas o nulas precipitaciones durante semanas. Tanto la disminución del promedio, como la distribución anormal de la lluvia, producen afectaciones a los cultivos, cuyo nivel depende de la intensidad de la sequía. Si la cantidad de lluvia y su régimen anual no manifiestan cierta sincronía con los cálculos de los agricultores respecto de las distintas fases del ciclo de cultivo se manifestará un cierto grado de afectación a la producción. Por otro lado, también debe tenerse en cuenta que las variaciones en las lluvias pueden afectar de manera diferente a los cultivos dependiendo de su demanda hídrica: la papa, por ejemplo, necesita más agua que el maíz.⁶¹

⁵⁹ Sobre la sequía como una disminución del nivel promedio de lluvia véase ABOITES AGUILAR y CAMACHO PICHARDO, “Aproximación al estudio”, p. 260, aunque en la definición que utilizan no se habla de las variaciones regionales, algo que sí plantea Carlos Contreras en su artículo “Las sequías en México”, p. 119. A las definiciones anteriores se agregarían las variaciones estacionales y mensuales del concepto de régimen pluviométrico, que ha sido del interés de los estudiosos del clima en la actualidad ante los efectos del cambio climático en fenómenos de lluvias torrenciales y sequía y su impacto en las actividades humanas. Véase GARCÍA-PÁEZ y CRUZ-MEDINA, “Variabilidad de la precipitación pluvial”, pp. 1-2.

⁶⁰ CONTRERAS, “Las sequías en México”, p. 119; FLORESCANO, SANCHO Y CERVERA y PÉREZ GAVILÁN ARIAS, “Las sequías en México”, p. 747.

⁶¹ Carlos Contreras menciona la sincronía como un elemento indispensable para la marcha de los ciclos anuales de cultivo, CONTRERAS, “Las sequías en

Para el caso de México, según Enrique Florescano, las sequías se producen de manera cíclica, aproximadamente cada diez años en la Mesa Central del país.⁶² Otros estudios han mostrado no sólo ese carácter cíclico, también han observado su impacto en el nivel de los escurrimientos y de los vasos lacustres en el Norte y Occidente de México.⁶³ Esa recurrencia se debe a la ubicación geográfica, así como a la conjugación de su accidentado relieve y fenómenos oceánicos y climáticos.⁶⁴ Pero, si la sequía es un fenómeno periódico, parte intrínseca del clima, como argumenta David Ortega-Gaucín⁶⁵ ¿estamos hablando de un fallo de cálculo sobre las condiciones climáticas estructurales del centro de México? Sí, sin duda. Sin embargo, también se trata de un fenómeno singular. Así entonces, ¿cuál sería la particularidad de la situación climática y pluvial de los años cuarenta y cincuenta cuando las semillas mejoradas de la OEE fueron difundidas por los campos abajeños? Conviene dimensionar la magnitud del fenómeno meteorológico—del cual hablaremos en los siguientes párrafos— considerando su escala global. Durante las décadas de 1930, 1940 y 1950 se presentaron sequías en diferentes lugares del mundo, tanto en el hemisferio sur como en el norte, las cuales, según Emmanuel Le Roy Ladurie, se insertarían en un proceso de aumento de la temperatura que habría iniciado a

México”, p. 119. El maíz requiere entre 600 y 800 mm anuales, mientras que la papa de 600 a 1 000 mm; ZAMORA-SALGADO, RUIZ-ESPINOZA, BELTRÁN-MORALES, FENECH-LARIOS, MURILLO AMADOR, LOYA-RAMÍREZ y TROYO-DIÉGUEZ, “Régimen hídrico del maíz”, p. 182; “Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de la papa”, en Intagri, consultado en <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa> el 5 de abril de 2019.

⁶² FLORESCANO, *Precios del maíz*, pp. 117 y 118.

⁶³ ABOITES AGUILAR y CAMACHO PICHARDO, “Aproximación al estudio”, pp. 263 y 264.

⁶⁴ GARCÍA-PÁEZ y CRUZ-MEDINA, “Variabilidad de la precipitación pluvial”, p. 2.

⁶⁵ ORTEGA-GAUCIN, “Medidas para afrontar la sequía”, p. 79.

principios del siglo pasado, provocado por la actividad humana y, en concreto, por la transición energética hacia los combustibles fósiles (primero el carbón, luego el petróleo) generada por la revolución industrial.⁶⁶ En el continente americano, el fenómeno climático conocido como El Niño se ha vuelto más frecuente debido al citado calentamiento, lo que ha incidido en menores precipitaciones promedio en el territorio mexicano.⁶⁷ Lo anterior nos permite concluir que las sequías ocurrieron con mayor asiduidad e intensidad en el periodo de estudio respecto de centurias anteriores, cuando el clima global tenía aún periodos de enfriamiento y las subidas de temperatura eran menos pronunciadas.

¿Cuál fue la situación climática en el Bajío entre las décadas de 1940 y 1950? A partir de diversas fuentes se puede concluir que en esa zona del país se vivieron una serie de sequías discontinuas y de intensidad desigual, que afectaron el desarrollo de la agricultura, en particular la del maíz, que se realizaba, en su mayor parte, en superficies de temporal (con un régimen pluviométrico acentuado sobre todo en verano).⁶⁸ A nivel nacional, en 1943 tuvo lugar una fuerte sequía que afectó sobremedida a la agricultura cerealera e impulsó al gobierno federal a intervenir en la producción y la distribución.⁶⁹ Luego, cada dos años se presentó la sequía, 1945, 1947 y 1949, con la salvedad de que en ese último año comenzó un periodo de menores precipitaciones que terminó hasta 1954. Tres años más tarde, en 1957, se presentó el que fue, quizá, el año más seco en lo que iba del siglo xx en México. Según los registros, en la ciudad de Guanajuato sólo

⁶⁶ LADURIE, *Historia humana*, pp. 851-852; McNEILL, "The Nature of Environmental", p. 7.

⁶⁷ MARTÍNEZ, ZAMBRANO, NIETO, HERNÁNDEZ y COSTA, "Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos", p. 66.

⁶⁸ GUTIÉRREZ, "Cambio agrario y revolución verde", pp. 230-234.

⁶⁹ OCHOA, *Feeding Mexico*, p. 77.

llovieron 250 mm de un promedio esperado de alrededor de 700 mm (véase la gráfica 1).⁷⁰

Ante el panorama, el problema para la agricultura del maíz en el Bajío era su dependencia del régimen pluviométrico. Por lo general se cultivaba en mayo o junio, con las primeras lluvias, con la tierra remojada. Luego, durante el desarrollo del temporal, la planta crecía y maduraba, los jilotes (flores) y las espigas aparecían. En ese momento del denominado “jiloteo”, a finales de julio y principios de agosto, la denominada “calma” hacía su aparición. Era un momento crítico. Si la calma se alargaba los resultados podían ser desastrosos. Si las lluvias continuaban pronto, la planta daba elotes y venía el llenado de granos. Si la pausa en el temporal había sido demasiada no había elotes o, si los había, sus granos eran escasos. La cosecha podía arruinarse; podía disminuir, entre 70 y 90% según los testimonios de la época. Las evidencias muestran que, en el periodo señalado, la calma de agosto fue un factor climático que azotó a la agricultura maicera.⁷¹

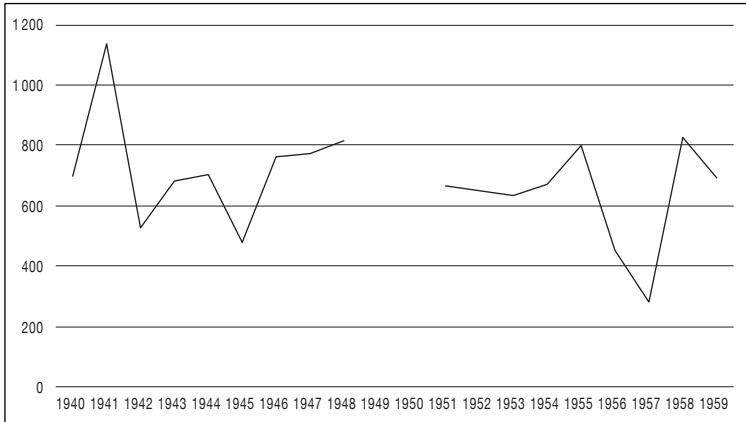
¿Qué sucedió? ¿Cuáles fueron en el Bajío los efectos de la sequía sobre las plantas mejoradas por la OEE? ¿Cuál fue su desempeño respecto de las variedades locales cultivadas por los agricultores en la zona? Durante décadas, siglos, las variedades de maíz existentes en el Bajío y otras partes del centro del país se habían ido adecuando a las condiciones ecológicas, lo que permitía que, a pesar de las disminuciones, la cosecha no se perdía en su totalidad. Las nuevas variedades mostraron que, si

⁷⁰ Cabe aclarar que la ciudad de Guanajuato capital no se ubica en la región del Bajío, que es el espacio de este trabajo. Para mediados del siglo pasado, la estación meteorológica se ubicaba sólo en esa ciudad, aparentemente, puesto que el *Anuario* no registra datos de las poblaciones del Bajío, a pesar de que tenían ya más importancia que la capital. No obstante, los promedios de precipitación anual corresponden, más o menos, a las que existen en el Bajío, de 650 a 700 mm anuales, *Síntesis geográfica*, pp. 22-25.

⁷¹ AGHEG, *AI*, Guanajuato, 2, 23 de junio de 1953. Sesión de la Comisión Lerma-Chapala-Santiago.

Gráfica 1

PRECIPITACIONES PLUVIALES PROMEDIO EN GUANAJUATO
(CIUDAD), EN MM ANUALES. SERIE DISCONTINUA: 1940-1959



FUENTE: elaboración propia con datos del *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*, años 1946-1950, 1955-1956 y 1958-1959.

bien en condiciones de laboratorio eran muy productivas, en los espacios ecológicos donde se cultivaron no resistieron el estrés hídrico y, en la mayoría de los casos, fueron un desastre.⁷²

Ante la sequía y los inesperados resultados en los campos de cultivos de las nuevas variedades, la estrategia científica y técnica de la OEE fue modificada, y lo mismo sucedió con las políticas agrícolas del gobierno mexicano relacionadas con el cultivo del maíz. Por ejemplo, en la Comisión Nacional del Maíz (cambió su nombre en 1949) hubo una reorganización de los recursos: se restringieron los gastos en publicidad y propaganda y se dirigió la mayor parte del presupuesto hacia los procesos técnicos de producción de semilla mejorada.⁷³ A nivel agronómico, los técnicos

⁷² GUTIÉRREZ, “Cambio agrario y revolución verde”, pp. 266-288.

⁷³ *Comisión Nacional del Maíz*, p. 24.

de la Comisión reconocieron que sin humedad suficiente no podría haber resultados exitosos con las nuevas semillas, lo cual fue difundido también por los agrónomos de otras instituciones encargadas del fomento de la modernización agrícola, por ejemplo, el caso de Guanos y Fertilizantes de México.⁷⁴ A finales de los años cuarenta, un optimismo exacerbado había conducido a presentar a las semillas como capaces de adaptarse a las más diversas condiciones ecológicas y producir más que las variedades locales. Pero, al contrario, a mediados de los cincuenta, y sobre todo con el funesto año de 1957, el consenso científico, técnico y político fue que los esfuerzos de modernización del maíz debían concentrarse en aquellas zonas donde la humedad fuera lo más adecuada posible para el desarrollo eficiente del maíz, esto es, 800 mm anuales o más.⁷⁵ Por tanto, salvo ciertas zonas, donde las precipitaciones eran mayores, o donde se cultivaba bajo riego, el Bajío quedaba descartado de la posibilidad de convertirse en un granero de maíz para el país. El material genético aportado daría potencia a la agricultura maicera en otros espacios, que en adelante serían los elegidos para sostener la política de autosuficiencia alimentaria mexicana: Jalisco, Chiapas, Veracruz.

MAÍZ NO, SORGO SÍ:

LA HISTORIA EXITOSA DE UN CEREAL AFRICANO EN LOS CAMPOS MEXICANOS

La sequía frenó una alternativa tecnológica en los campos abajeños, en el caso del maíz mejorado por la OEE. No obstante, de

⁷⁴ *Comisión Nacional del Maíz*, pp. 2-4; IBARRA, “Economía y comercio”, pp. 13-20.

⁷⁵ Véase IBARRA, “Economía y comercio”, p. 117. Como se comentó arriba, el maíz puede crecer con entre 500 y 800 mm anuales. El nivel de precipitaciones “más eficiente” que se consideró en los años cincuenta fue de 800 mm, lo que excluyó a las regiones donde llovía menos de ser consideradas como aptas para la tecnificación.

manera paralela se desencadenaban otros procesos tecnocientíficos y agrícolas no previstos y de consecuencias inesperadas. Por un lado, en la posguerra, la agenda de los científicos de la OEE en México se amplió. El objetivo último ya no sería solo aumentar la disponibilidad de carbohidratos para la población mexicana, sino también incrementar la oferta de vitaminas y sobre todo de proteínas: frutas, vegetales, carne, huevo y leche.⁷⁶ Para los directivos de la Fundación Rockefeller y los científicos de la OEE todo estaba claro: si los cereales eran convertidos en proteína, ya fuera por medio de su uso directo como forraje o por medio de una transformación industrial, la cadena productiva añadía valor. Asimismo, una población cuya dieta fuera alta en proteína barata sería más sana y más productiva. En resumen, la idea era alentar desde la ciencia una economía agraria más productiva y rica para un país moderno e industrial. Este discurso también prevaleció en los gobiernos de Miguel Alemán, Adolfo Ruiz Cortines y subsiguientes.⁷⁷

Los forrajes fueron el centro de esa política agrícola y alimentaria que promovía el incremento masivo de la producción de ganado vacuno, porcino y aviar. No obstante, las condiciones meteorológicas representaron un reto para productores, autoridades y científicos. Además de la sequía que golpeó al maíz, una serie de heladas se presentaron en 1949, 1950, 1951, 1952, 1953 y 1955, causando daños a los cultivos de invierno, como el trigo y el garbanzo.⁷⁸ Por ello, en esos años además del maíz escaseó también el garbanzo, que era utilizado como forraje en el Bajío. Para contrarrestar esa situación que sucedía en el Centro y Norte del país, los científicos de la OEE, Roderic Buller y Efraím Hernández identificaron, clasificaron y mejoraron una

⁷⁶ ÁLVAREZ y RICHARDSON, "Cultivemos nuestras semillas", pp. 28-31; OCHOA, "Reappraising", pp. 76-92.

⁷⁷ RAC, 1.1, 323, 38, "Memorandum, Program for 1951".

⁷⁸ AGHEG, *AI*, 3.43, 1, Guanajuato, 20 de mayo de 1952, reunión de la Comisión Lerma-Chapala-Santiago.

serie de zacates y pastos nacionales y extranjeros para alimentar al ganado tanto en verano como en invierno.⁷⁹ No obstante, una solución para el problema forrajero que experimentaba el Bajío la brindó un cereal africano, adaptado a la agroindustria en las grandes planicies de Estados Unidos, en concreto en los campos de Texas y Kansas.

EL SORGO: SOLUCIÓN BINACIONAL AL PROBLEMA DE LOS FORRAJES EN SEQUÍA

El sorgo es una gramínea cuyo origen se encuentra en el África subsahariana, en áreas geográficas con baja precipitación y sequías recurrentes. Producto de procesos evolutivos y de un largo proceso de domesticación, el sorgo tiene entre sus cualidades un alto contenido de carbohidratos, más proteína que el maíz y una resistencia a la escasez de humedad. De hecho, el sorgo requiere para su crecimiento entre 500 y 600 mm de agua, lo cual es bajo comparado con el maíz, cuya demanda hídrica es de entre 600 y 800 mm por ciclo de cultivo. Además, la gramínea africana es capaz de ralentizar su desarrollo si el agua escasea y continuarlo cuando las lluvias vuelven o exista la posibilidad de irrigación.⁸⁰

El sorgo se introdujo a Estados Unidos con fines de experimentación y difusión agrícola a mediados del siglo XIX desde distintas partes del orbe: Sudáfrica, Egipto, India, China y Australia. El común denominador es que se introdujo entre las décadas de 1850 y 1900, lapso en el cual la geografía agrícola de Estados Unidos se constituyó, de manera paralela a su proceso de expansión hacia el Oeste. En ese contexto, distintos tipos de sorgo involucrados fueron modificados y adaptados a nuevas condiciones ecológicas, así como a nuevos usos y necesidades.

⁷⁹ HERNÁNDEZ y MARTÍNEZ, “Conozca los zacates”, pp. 8-11.

⁸⁰ BJORN REKDAL, “Money, Milk and Sorghum”, p. 367; TESYAFE, “Genetic diversity”, p. 44.

En la década de 1880, por ejemplo, variedades de la gramínea con capacidad para retener sacarosa en los tallos fueron seleccionadas, adaptadas y difundidas sin demasiado éxito.⁸¹ En cambio, por sus cualidades nutritivas (alto en carbohidratos y aceptable en proteína), así como por su resistencia al estrés hídrico, el cultivo del sorgo se fue concentrando al sur de las Grandes Planicies, en llanuras semisecas de los estados de Kansas, Oklahoma, Nebraska y Texas.⁸²

Ya para principios de los años treinta, los agrónomos de la estación agrícola de Kansas señalaban que el sorgo era el sexto cereal más importante de Estados Unidos, aunque el primero en los estados mencionados, espacio denominado “Sorghum Belt”.⁸³ La razón de esa localización no sólo tuvo que ver con el clima y las capacidades de resistencia del sorgo. También influyeron las ventajas de ese grano como fuente importante de alimentación para el ganado vacuno –para carne–, que por la misma época se estaba concentrando en las llanuras de esa parte del país.⁸⁴ Así, la combinación entre geografía, ecología y su adaptación a usos agropecuarios, le dieron al sorgo un lugar en la agricultura estadounidense de finales del siglo XIX y principios del XX.

Ya para fines de los años veinte, y sobre todo en los treinta, a los procesos de selección que estaba experimentando el sorgo se añadió uno más. Las variedades más cortas y con tallos más fuertes y resistentes al acame –acueste de las mieses por acción del viento– fueron seleccionadas y mejoradas para poder insertarse

⁸¹ En la década de 1880 hubo intentos por obtener variedades de sorgo aptas para la explotación de azúcares. Sin embargo, hubo problemas “debido a las variaciones y cambios rápidos en el porcentaje de sacarosa del jugo”, así como en la adaptación de las tecnologías para la extracción. Véase VÁZQUEZ, “De betabeles y revoluciones”, pp. 69-71.

⁸² SWANSON y LAUDE, *Varieties of Sorghum*, pp. 9-10.

⁸³ JACKSON, GRANT y SHAFFER, *U.S. Sorghum Industry*, p. 13.

⁸⁴ JACKSON, GRANT y SHAFFER, *U.S. Sorghum Industry*, p. 13; SWANSON y LAUDE, *Varieties of Sorghum*, p. 6.

en los procesos de mecanización de la cosecha.⁸⁵ Tipos de planta como la Hegari, la Kafir o la Shallú devinieron importantes en ese proceso, pues se aprovecharon sus características genéticas: cortas como la primera, productivas como las dos siguientes. Además, este cambio que buscaba el enanismo y la resistencia de tallo ante un incremento en el número y peso de los granos nos indica el uso de la planta.⁸⁶ Por aquellos años, en su mayoría, el sorgo se cultivaba para obtener sus granos, aunque, según los datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), una parte de los cultivos era pastoreada *in situ*. Estas modificaciones permiten deducir que la selección estaba operando hacia variedades de alta productividad en grano y susceptibles de mecanizarse.⁸⁷

A partir de la experiencia de adaptación estadounidense, el sorgo se constituyó en una alternativa para la agricultura que se realizaba en espacios ecológicos con bajas precipitaciones y riesgo de sequía, aptos para la ganadería vacuna. Más tarde, en las décadas de 1950 y 1960, dos cambios de gran importancia ocurrieron en la agricultura del sorgo en las Grandes Planicies estadounidenses. El primero de ellos fue la hibridación. La genética mendeliana fue aplicada a la gramínea y con ello la productividad de las plantas se incrementó, lo cual es notorio en los datos de los censos agrícolas de Estados Unidos: la producción aumentó 256% entre 1954 y 1956.⁸⁸ Esta innovación biológica y la expansión del cultivo del grano coincidieron –y esto no es

⁸⁵ QUINBY, KRAMER, STEPHENS, LAHR y KARPEN, “Grain”, pp. 5, 18 y 19; SWANSON y LAUDE, *Varieties of Sorghum*, p. 12.

⁸⁶ LEWIS, *Grain*, p. 1; QUINBY, KRAMER, STEPHENS, LAHR y KARPEN, *Grain*, pp. 5, 18 y 19; SWANSON y LAUDE, *Varieties of Sorghum*, p. 12.

⁸⁷ *Crop Production Historical*, pp. 155-156. Los registros de sorgo realizados por el United States Department of Agriculture comenzaron en 1929. En ellos se advierte que el área cultivada para ser pastoreada disminuyó a principios de los años cuarenta y luego a mediados de la siguiente década.

⁸⁸ JACKSON, GRANT, SHAFFER, *U.S. Sorghum Industry*, p. 5. SWANSON y LAUDE, *Varieties of Sorghum*, p. 29.

algo fortuito— con un fenómeno meteorológico: la sequía. Como ya se comentó arriba, esta anomalía climatológica tuvo alcances globales, y en las Grandes Planicies estadounidenses la falta de lluvias fue muy pronunciada entre 1951 y 1956. En la ganadería texana, por ejemplo, se recurrió a la solución de utilizar forrajes elaborados con cactus, nopales y melazas.⁸⁹ En ese contexto, el cultivo del sorgo se expandió. El otro cambio —ligado a los elementos anteriores— fue la implantación de un nuevo modelo industrial para la ganadería de carne. El ganado se concentró en grandes corrales con comederos colectivos para reducir los costos y las superficies empleadas, que en muchos casos fueron utilizadas para la expansión de cultivos como el sorgo. Los denominados *feedlots* constituyeron un nuevo modelo de ganadería intensiva que desplazó lo que restaba del pastoreo por el uso de mezclas de cereales como maíz, sorgo, avena, entre otros, así como forrajes industriales.⁹⁰ Estos cambios explican por qué el sorgo pastado *in situ* disminuyó de los registros del USDA por esas fechas, mientras el grano industrializado aumentó.⁹¹ Al mismo tiempo, la creciente demanda de carne de la clase media urbana estadounidense impulsó la producción: en Texas el número de cabezas aumentó de 227 000 en 1955 a 4.3 millones en 1972, y en Kansas de 498 000 a 2.4 millones en el mismo periodo.⁹²

Así, a mediados del siglo pasado, el sorgo se había integrado a cadenas agroganaderas y agroindustriales en Estados Unidos. Esto mediante un largo proceso de circulación, adaptación, selección y mejoramiento de diversos tipos y variedades que tomó más de medio siglo. A principios de los años cuarenta, Paul Mangelsdorf planteó que el sorgo era una buena alternativa para las áreas agrícolas mexicanas menos favorecidas por las lluvias. Sin embargo, en ese momento argumentó que la difusión

⁸⁹ “The Six Year Drought, 1951-1956.”

⁹⁰ JACKSON, GRANT y SHAFER, *U.S. Sorghum Industry*, pp. 13-19.

⁹¹ *Crop Production Historical*, pp. 155-156.

⁹² JACKSON, GRANT y SHAFFER, *U.S., Sorghum Industry*, pp. 13-19.

no sería rápida, pues en Estados Unidos los agricultores habían tardado cincuenta años en adoptar de manera extensa el cultivo del grano.⁹³ Aun así, los científicos de la OEE lo contemplaron con seriedad dentro de su modelo de revolución agrícola ante las complicadas condiciones climáticas de mediados de siglo.

EL SORGO EN EL BAJÍO:
LA OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES Y LA DIFUSIÓN
DE UN MODELO AGROPECUARIO-INDUSTRIAL

Debido a los sucesos climáticos de los años cuarenta y cincuenta, científicos de la OEE y autoridades del gobierno federal vieron en la difusión del sorgo en el campo mexicano una alternativa. Los primeros indicios de ello hay que ubicarlos hacia 1949: Gabriel Ramos Millán, en la recién establecida Comisión del Maíz, alentó el cultivo del sorgo y, mediante propaganda, su consumo. Con el propósito de mejorar la dieta de la población mexicana, Ramos y sus colaboradores pensaron en una tortilla de maíz que incorporara harina de sorgo. El experimento de tortilla con sorgo de la Comisión del Maíz fue un fracaso, pues el alimento no fue del gusto de los consumidores mexicanos.⁹⁴

Pero si bien la alimentación humana con sorgo no prosperó, la alternativa del forraje permaneció, pues la situación era crítica. Muestra de ello es que, ante el incremento de la demanda y la dura coyuntura climática, en el estado de Jalisco surgieron negocios de alimentos balanceados como Melazas y Derivados S. A, que aprovechaban los olotes de maíz –ya sin granos– molidos y mezclados con melaza para alimentar al ganado.⁹⁵ En tal contexto, que se extendía a otros espacios del país, la expectativa

⁹³ RAC, 1.1, 323, 1, 3, Carta, Mangelsdorf al ingeniero Alfonso González Gallardo, subsecretario de Agricultura y Fomento, 10 de diciembre de 1943.

⁹⁴ RAC, 1.1, 323, 1, 38, George Harrar a Warren Weaver, 21 de julio de 1950.

⁹⁵ “Entrevista a Don Salvador Mayorga Cameros, realizada en Guadalajara Jalisco, septiembre de 1999”, consultada en <http://www.melder.com.mx/>

de los científicos de la OEE era que el cultivo del sorgo se adaptara en las áreas agrícolas de México con clima semiárido, con precipitaciones de entre 500 y 700 mm, ubicadas en una franja que recorre la parte interior de la Sierra Madre Oriental, entre el norte de Tamaulipas y el centro de San Luis Potosí.⁹⁶ En el sur y el occidente, otra franja que recorría partes de Puebla, Guerrero y Michoacán; en el caso de esas dos últimas entidades en la denominada cuenca del Balsas-Tepalcatepec. Luego, otra más en el interior de la Sierra Madre Occidental, que va desde el suroeste de Chihuahua, el sureste de Sonora, el occidente de Durango, el sur de Zacatecas y el norte de Jalisco, y hasta el Bajío en Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco.

Asimismo, en la OEE se decidió que las investigaciones para adaptar, mejorar y difundir el sorgo se llevarían a cabo en varios campos experimentales: al norte, los trabajos se realizarían en el Centro de Investigaciones Agronómicas del Noroeste, en Ciudad Obregón, Sonora, en La Campana en Ciudad Aldama, Chihuahua, y en Apodaca, Nuevo León. En el Bajío, por su parte, sería en el campo de Cal Grande, en la Piedad, Michoacán, donde se experimentaría con el sorgo (véase el mapa 2).

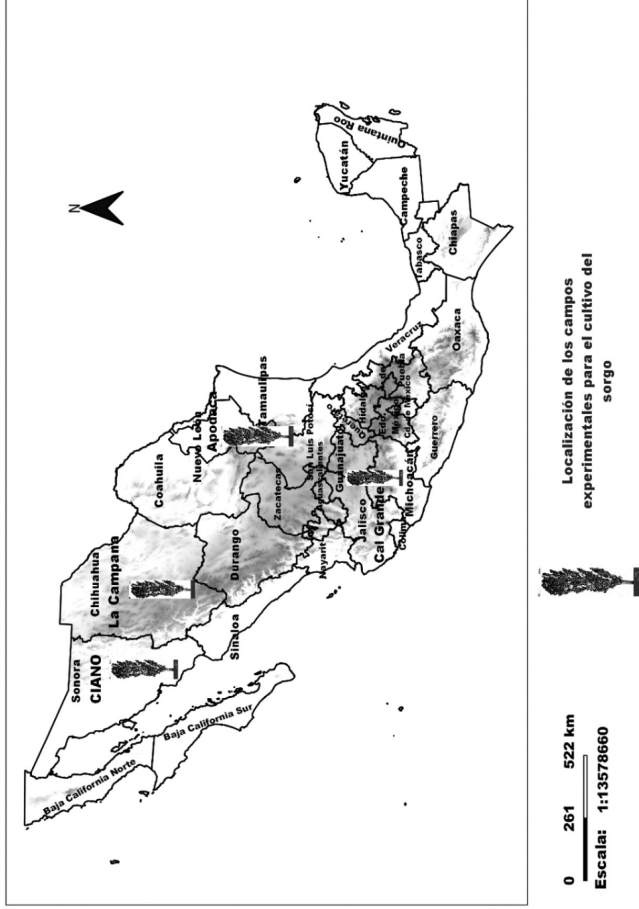
En el Bajío, hacia 1954 los investigadores de la OEE iniciaron las labores de adaptación de variedades texanas y africanas en el campo Cal Grande, para luego proceder a la selección y mejoramiento con la intención de crear variedades de alto rendimiento. Se pensaba, de inicio, que igual que en el caso del maíz las variedades de sorgo estadounidenses no se adaptarían a los campos mexicanos. A pesar de lo anterior, un equipo formado por K.O. Rachie, Alfredo Ortigón y Jesús Neve experimentaron con variedades de ciclo largo, precoces o enanas: la Kafir, la Hegari y la Shallú, todas híbridas y adaptadas a las condiciones

component/content/category/2-informacion-general.html, el 26 de septiembre de 2018.

⁹⁶ Sobre el caso de Tamaulipas véase RAMÍREZ, “El sorgo en el norte”, p. 125.

Mapa 2

LOCALIZACIÓN DE LOS CAMPOS EXPERIMENTALES PARA LA ADAPTACIÓN Y DIFUSIÓN EN LA AGRICULTURA MEXICANA



FUENTE: elaboración propia.

ecológicas del oeste de Texas.⁹⁷ Muy pronto, en 1956, los científicos publicaron los resultados de sus investigaciones, en las que demostraban que las variedades híbridas texanas se adaptaban a las condiciones agroecológicas del Bajío mexicano, presentando un excelente desempeño con labores de adaptación mínimas, si se compara con los esfuerzos realizados respecto al maíz. Así, las variedades de sorgo híbrido estadounidense pudieron difundirse y cultivarse muy pronto en los campos abajeños.⁹⁸

No obstante, la transferencia del sorgo a campos mexicanos no puede interpretarse como un fenómeno neutro. Con las semillas se transmitía toda una centuria de innovación biotecnológica que vinculaba la planta del sorgo con ciertas condiciones de suelos y medio ambiente, así como a un modelo de agricultura mecanizada conectada a la ganadería y a la agroindustria de forrajes. Es notorio, por ejemplo, que las variedades más utilizadas en Kansas en los años treinta, en pleno proceso de expansión del sorgo por las Grandes Planicies estadounidenses, fueron las que se usaron en los trabajos de la OEE en el Bajío, lo que indica que hubo una continuidad en el fitomejoramiento y una solución binacional a problemas compartidos. Otro elemento importante que resulta de lo anterior es que los cultivos de sorgo eran aptos para la mecanización, la fertilización y la industrialización, lo que después incidiría en una rápida integración a los procesos de conformación de un mercado de forrajes y de una industria del ramo en esta zona de México desde los años cincuenta del siglo pasado.⁹⁹ Algo más que añadir es que,

⁹⁷ RACHIE, ORTEGÓN, MUÑOZ y NEVE VARGAS, “Los mejores sorgos”, pp. 18-21.

⁹⁸ RACHIE, ORTEGÓN, MUÑOZ y NEVE VARGAS, “Los mejores sorgos”, pp. 18-21.

⁹⁹ Un elemento señalado como inicial en el establecimiento de la industria forrajera en el Bajío es la llegada de Ralston Purina. Respecto al momento del arribo de la trasnacional, Xóchitl Leyva y Gabriel Ascencio sostienen que llegó en 1945, aunque no apoyan su dicho en fuente alguna. Por su parte, Eric Léonard dice que la empresa fue establecida a finales de los cincuenta y David

como resultado de esta historia de innovación transferida, en el Bajío fueron adaptadas y difundidas, sobre todo, variedades productoras de grano.¹⁰⁰

El ascenso del sorgo en el Bajío fue muy veloz. En 1950, en los albores de su difusión, apenas se cultivaron 276 ha donde se produjeron 1 622 t. Diez años más tarde la superficie se había incrementado a 4 080 ha, con una producción de 15 144 t (a una tasa de crecimiento de 25% anual).¹⁰¹ Para 1970, el número de ha aumentó en 2 153% y ya eran 91 910 con una producción de 238 288 t (una tasa de crecimiento de 32% anual).¹⁰² Esta rápida expansión de la solución forrajera acompañó a la recuperación de la ganadería, luego de una reducción por efectos de la fiebre aftosa y de sequías. El número de cabezas de ganado vacuno se incrementó en 57% en los años sesenta, al pasar de 342 899 en 1950 a 538 884 una década después. El ganado porcino tuvo cifras muy parecidas (52%), pues el número de cabezas se incrementó de 300 583 a 457 903 en similar periodo.¹⁰³

Así, en poco tiempo el sorgo tuvo una historia de éxito por completo imprevista. Sobre las consecuencias de ese éxito, interpretaciones de los años ochenta y posteriores han planteado que el sorgo desplazó a otros cultivos que se practicaban tanto en tierras de riego como de temporal, caso del maíz.¹⁰⁴ Otra tesis sostiene que el sorgo sustituyó a cultivos alimentarios, en particular al maíz, ya fuera de temporal o de bajo riego.¹⁰⁵ ¿Qué tan

Barkin y Billie DeWalt afirman que habría sido hasta los años sesenta –sin especificar un año–. LEYVA y ASCENCIO, “La crisis y los empresarios”, p. 93; LÉONARD, *Una historia de vacas*, p. 120; BARKIN, BATT y DEWALT, *Alimentos versus forrajes*, p. 20.

¹⁰⁰ RACHIE, ORTEGÓN, MUÑOZ y NEVE VARGAS, “Los mejores sorgos”, pp. 18-21.

¹⁰¹ *IV Censo Agrícola*, pp. 274-276.

¹⁰² *V Censo Agrícola*, p. 34.

¹⁰³ *V Censo Agrícola*, pp. 48-49.

¹⁰⁴ GARCÍA, *El desarrollo*, p. 146.

¹⁰⁵ BARKIN, BATT y DEWALT, *Alimentos vs forrajes*, p. 62.

congruentes son esas tesis respecto de nuestros datos? Lo primero que hay que decir es que si bien el sorgo es una planta resistente a la sequía eso no la limita para ser cultivada con irrigación; de hecho, la gramínea obtiene sus mejores rendimientos por ha en suelos ricos en nutrientes y con humedad adecuada.¹⁰⁶ Como se advierte en el mapa 2, el hecho de que el cultivo del grano se localizara en municipios cercanos al lago de Chapala muestra que su cultivo no se circunscribió a las áreas de suelos marginales y bajas precipitaciones. Con base en esos argumentos es factible deducir que una vez que el sorgo fue adaptado a esta región, compitió no sólo con cultivos cerealeros, sino también con otros como la fresa, la papa, el ajo o el cacahuete, que estaban en plena expansión en los campos abajeños a mediados del siglo pasado, alentados por la demanda urbana de las ciudades mexicanas y de los mercados del sur de Estados Unidos. No obstante, en ese proceso de sustitución, en áreas con buenos suelos y con posibilidad de irrigación los cultivos de trigo y garbanzo forrajero resintieron la expansión del sorgo por los campos abajeños.¹⁰⁷

En cuanto al maíz de temporal, su cultivo decayó en el Bajío en los años cuarenta y cincuenta, pero no sólo por causa de la competencia del sorgo. Debido a la sequía, la producción de maíz se estancó en esa región del país en los años cincuenta. Luego, en la siguiente década, el sorgo sí le restó espacios, pues justo para ello fue introducido por sus características de resistencia al estrés hídrico.¹⁰⁸ Debido a que en las tierras de

¹⁰⁶ KELLET, "Cultural", p. 7. Kellet afirma: "[...]no es de esperarse que los suelos que producen pobres cosechas de soya o maíz produzcan una grande de sorgo. Los mejores suelos para otros cultivos también producirán grandes rendimientos de sorgo".

¹⁰⁷ Evidencias de esta sustitución las encuentra Cirila Ramírez en Tamaulipas, donde el sorgo desplazó al algodón y al maíz desde los años finales de la década de 1960 y en los dos decenios siguientes. Véase RAMÍREZ, "El sorgo en el norte", p. 117.

¹⁰⁸ Entre 1950 y 1960, la producción de maíz en el estado de Guanajuato cayó de 349 960 t a 337 623 t. En esa entidad, el grano producido en el Bajío

temporal cultivos comerciales como la fresa, el ajo o la papa no podían introducirse por su alta exigencia hídrica, de calidad de suelos y de altos costos, el sorgo sí fue claramente competidor del maíz y, en algunos casos, lo sustituyó. ¿Por qué en algunos casos? Cabe recordar que las variedades de sorgo, debido a su proceso de selección y mejoramiento, requerían del uso de fertilizantes, técnicas culturales mecanizadas e insecticidas. La agricultura del maíz, que se hacía en condiciones más limitadas de recursos agrológicos y económicos, continuó sin el uso de esos insumos. En consecuencia, aquellos productores sin acceso a agroquímicos y semillas mejoradas persistieron en el cultivo del maíz, sin poder introducir otros cultivos de mayor costo inicial como el sorgo.

Otras dimensiones del cultivo del sorgo merecen subrayarse. Al lado de su participación en el proceso de sustitución de cultivos es importante mencionar que esta gramínea se concentró en zonas ganaderas. Pero en este punto las historias del sorgo en Estados Unidos y México se bifurcan. Mientras en el país vecino el grano se utilizó como forraje para el ganado vacuno, en el Bajío se usó sobre todo para la cría del porcino.¹⁰⁹ En este sentido, el sorgo compitió en la región con el que había sido hasta los años cincuenta el forraje tradicional de la cría de cerdos: el garbanzo forrajero, leguminosa que había sufrido los embates de la sequía y de las heladas, pues se trataba de un cultivo de invierno. Para fines de los años sesenta, en México el sorgo y la cría de cerdo experimentaban un proceso de concentración, ya bastante evidente. Como se observa en el cuadro 1 y en el mapa 3, para

representaba más de 70% del total. Para los años sesenta, la producción se incrementó en sólo 10 000 t en 10 años, *IV Censo Agrícola*, pp. 241-353.

¹⁰⁹ RAC, 1.1, 323, 4, 26, "The Livestock Situation in Mexico. Its problems and suggested improvements", G. Bohstedt. Según el investigador de la OEE, la región del Bajío se estaba especializando en la producción a escala de cerdo, "sólo un establecimiento vende anualmente a la ciudad de México de 10 mil a 12 mil cerdos gordos con un promedio de 275 libras".

Cuadro 1
CONCENTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO Y CERDO
EN ALGUNOS MUNICIPIOS DEL BAJÍO

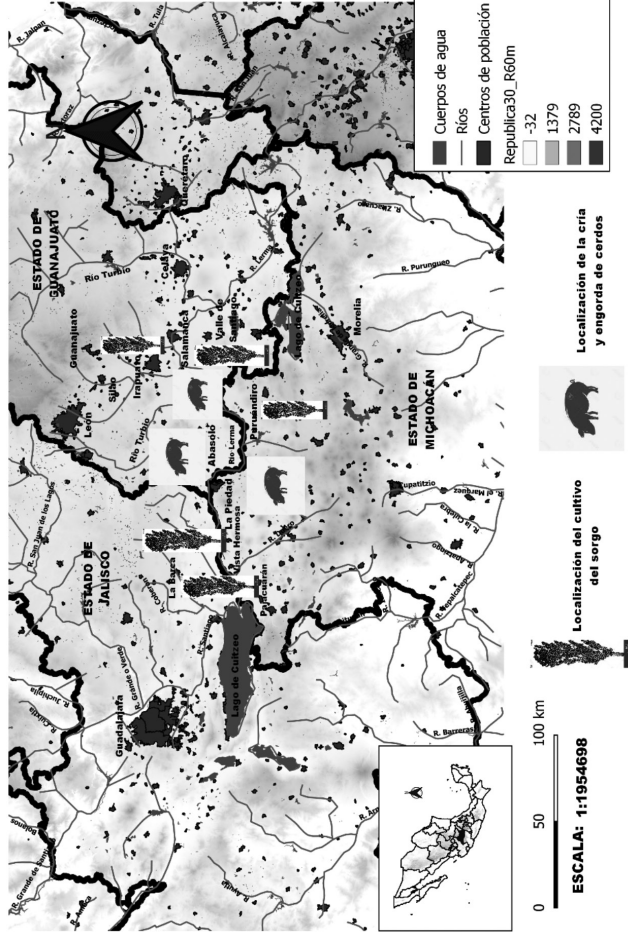
<i>Municipio</i>	<i>Producción de sorgo en grano (en toneladas)</i>	<i>Municipio</i>	<i>Producción de cerdo (cabezas)</i>
Briseñas, Michoacán	6 234		
Irapuato, Guanajuato	14 965		
Jaral del Progreso, Guanajuato	13 158		
La Barca, Jalisco	11 191	La Barca, Jalisco	21 438
		La Piedad, Michoacán	68 764
Pajacuarán, Michoacán	10 546		
Pénjamo, Guanajuato	21 154	Pénjamo, Guanajuato	87 542
Puruándiro, Michoacán	8 978	Puruándiro, Michoacán	47 569
Salamanca, Guanajuato	31 262		
Valle de Santiago, Guanajuato	36 117		
Vista Hermosa, Michoacán	8 878		

FUENTE: elaboración propia con datos del *V Censo Agrícola y Ganadero, 1970*.

1970 la gramínea africana tenía una presencia relevante en los municipios abajeños de Puruándiro, Vista Hermosa y Briseñas en Michoacán; Salamanca, Valle de Santiago, Irapuato, Jaral del Progreso y Pénjamo en Guanajuato; La Barca en Jalisco. La cría del cerdo, por su parte, se estaba concentrando en los municipios de La Piedad y Puruándiro en Michoacán, así como Pénjamo en Guanajuato y La Barca en Jalisco. En los años setenta y ochenta, se añadirían como municipios criadores Numarán en Michoacán y Degollado en Jalisco.

Mapa 3

REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA DE LA LOCALIZACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO Y CERDO EN EL BAJÍO MEXICANO



FUENTE: elaboración propia con datos del V Censo Agrícola y Ganadero, 1970.

Resultado de ese proceso de concentración y especialización, la cría de cerdo transitó de una actividad doméstica a otra agropecuaria-industrial. ¿Cómo sucedió esa transición? Según se sabe, ya desde los años cincuenta la cría de traspatio inició su transformación ante el incremento en la demanda y la producción. En pocos años, se suscitó el primer cambio: la desvinculación de la cría de lechones de la actividad de engorde. Así, por un lado, se gestó un mercado de crías: pequeños productores de las zonas rurales acudían a La Piedad a vender lechones. Por otro, se conformó un núcleo de empresarios dedicados a la engorda que concentraban grandes cantidades de cerdos, para alimentarlos, hasta alcanzar la talla y peso para el sacrificio, con mezclas de maíz, sorgo y alimentos balanceados.¹¹⁰ Esos mismos empresarios, además, controlaban también la importación de pies de cría de la raza Duroc Jersey desde Estados Unidos, vendidos por grandes empresas trasnacionales como La Hacienda o Pioneer, los cuales vendían a los pequeños y medianos productores para el mejoramiento de las piaras. Así, el campo mexicano conjugó dos componentes para un negocio en ascenso: cerdos y granos seleccionados.¹¹¹ Con el tiempo, los empresarios de la actividad porcícola se diversificaron e integraron diversas actividades vinculadas al negocio del cerdo, caso de la cría y la engorda, la venta de fármacos, la comercialización de granos y alimentos balanceados, así como la producción de cárnicos y mantecas, proceso que se dio entre los años setenta y ochenta del siglo pasado. Con base en ese modelo de producción, para 1980 el número de cabezas de cerdo en la región rondaba el millón, medio millón más que diez años antes.¹¹²

Este proceso de concentración tuvo al lado, desde los años cincuenta, la emergencia de un activo negocio de forrajes, al

¹¹⁰ CHECA-ARTASU y GAYTÁN, "Elementos para la creación", pp. 294-295.

¹¹¹ RAC, 1.1, 323, 4, 26, "The Livestock Situation in Mexico. Its problems and suggested improvements", G. Bohstedt.

¹¹² CHECA-ARTASU y GAYTÁN, "Elementos para la creación", pp. 296-298.

cual entraron empresas regionales, nacionales y transnacionales: empresas como Anderson & Clayton, Ralston Purina, La Hacienda, que arribaron a la región entre los años cincuenta y sesenta.¹¹³ Otras empresas locales de forrajes, como UN-3 y ESBRA –situadas en La Piedad–, se establecieron entre los años setenta y ochenta. En ese contexto, el sorgo se vinculó de manera rápida a la industria forrajera en expansión, junto con el maíz, diversas oleaginosas y la simiente del algodón. En suma, con procesos de urbanización e industrialización en marcha, así como con un cambio en la dieta, sobre todo en la clase media urbana –basada en una mayor ingesta de proteína animal–, el sorgo encontró la coyuntura adecuada, climática, tecnocientífica, agrícola y social para insertarse en la sociedad mexicana de mediados del siglo xx.¹¹⁴

CONCLUSIONES

En este artículo se ha buscado resaltar la importancia de los factores medioambientales en los procesos de innovación tecnológica agropecuaria del siglo xx mexicano. La literatura sobre la revolución verde ha tocado poco este problema, a pesar de que el comportamiento climático es nodal para los cultivos, y en particular para los sistemas de temporal. Como vimos, en el caso de la OEE y el maíz, el hecho de que no se consideraran las acusadas variaciones climáticas existentes en los años cuarenta y cincuenta en México puso en crisis al proyecto de mejoramiento.

¹¹³ Nutrisow. Alta nutrición para animales, <http://www.nutrisow.com.mx/product/can-sow/>, consultado el 20 de septiembre de 2018.z

¹¹⁴ KASTEN, “Análisis y perspectivas”, pp. 4 y 15. Jorge Kasten señala a la Anderson & Clayton como una empresa que, partiendo de su experiencia en el ramo de los aceites y del manejo de los subproductos de esa industria, utilizó la grasa y la cascarilla de la semilla del algodón para la fabricación de forrajes. Sobre la semilla de algodón y la producción de aceites en un periodo de auge algodonero véase ABOITES AGUILAR, *El norte entre algodones*, pp. 125-140. CHECA-ARTASU y GAYTÁN, “Elementos para la creación”, p. 296.

Las biotecnologías fueron replanteadas y reenfocadas hacia espacios con mejores condiciones agrológicas y precipitaciones pluviales. Esa experiencia nos indica la relevancia de considerar la relación entre clima e innovación biológica no solo en términos históricos, sino también actuales: el cambio climático, que ha repercutido en sequías más intensas, la evaporación de cuerpos de agua y la disminución de los escurrimientos influye en la posibilidad de utilizar o no alternativas tecnológicas disponibles.

Por otro lado, el estudio de la labor tecnocientífica realizada en la OEE a mediados del siglo pasado ha mostrado que la innovación biológica no sigue, por necesidad, un derrotero lineal en los campos agrícolas. La prueba y el error fueron compañeros cotidianos de científicos e ingenieros, conduciendo, en ocasiones, a escenarios fortuitos. Los inesperados y limitados avances del maíz mejorado abrieron la puerta para impulsar la adaptación y difusión del sorgo en áreas agrícolas de clima semiseco, como el Bajío. De manera previa, la gramínea africana había sido sometida a un proceso de selección y mejoramiento en campos de experimentación en Texas, Kansas, Oklahoma y Nebraska, en Estados Unidos, para adaptarla a una agricultura mecanizada, a una ganadería vacuna intensiva y a una expansiva industria de forrajes. Esa era la intención en el Bajío, aunque la diferencia fue que el grano se integró a la joven industria porcícola que estaba constituyéndose en la región. Durante décadas (1950-1980), el sorgo acompañó a los campos que llevaron la ganadería porcina de traspatio a una de tipo intensivo, basada en la división del trabajo y en la engorda con mezclas de granos y alimentos balanceados industriales. Acompañó también los cambios en la dieta de la población urbana, su creciente consumo cárnico: los embutidos que iban en las colaciones escolares, o en los miles de tortas que ingerían los trabajadores en las ciudades del país, se convirtieron en parte del consumo regular de los mexicanos. También, al formar parte de los alimentos balanceados, el grano fue consumido por la población mexicana en los huevos, la carne

de res o el pollo. Hoy día, en vísperas de un nuevo cambio en la dieta mexicana, ahora con menos proteína animal, la industria forrajera ha complementado su cartera de clientes con un nuevo mercado: las mascotas, perros y gatos. Y ahí, de nuevo, está el sorgo, como un componente de las croquetas.¹¹⁵

La importancia del sorgo para la agricultura mexicana queda de manifiesto si se advierte que es hoy el tercer grano con mayor producción y que el país fue el cuarto productor a nivel mundial en 2016. No obstante, México es también uno de los mayores importadores del grano a nivel mundial, pues la demanda nacional se complementa con grano producido en el vecino país del Norte, desde donde provinieron las variedades mejoradas en los años cincuenta, como vimos aquí. Esto nos lleva a plantear dos reflexiones. La primera, que ante las recurrentes sequías padecidas en los años cincuenta a ambos lados de la frontera, el sorgo fue una solución tecnológica a problemas binacionales compartidos. ¿Podría hoy pensarse en una agenda científica binacional ante nuevos problemas agrícolas planteados por los dilemas del cambio climático y la necesidad de sistemas sustentables? Desde nuestra perspectiva, la experiencia del sorgo nos permitió observar cómo la circulación de conocimientos, agentes y tecnologías entre Estados Unidos y México puede coadyuvar en la búsqueda de innovaciones que den alternativas a productores agrícolas a ambos lados de la frontera. La segunda tiene que ver con cómo el fitomejoramiento de la OEE produjo un “puente genético” cuyas consecuencias fueron altamente perdurables: hicieron posible que el ganado, actualmente un producto tanto de exportación como de consumo interno, y las mascotas, se alimenten hoy en México con sorgo binacional, ya sea de el Bajío, Tamaulipas, Texas o Kansas.

¹¹⁵ Nutrisow. Alta nutrición para animales, <http://www.nutrisow.com.mx/product/can-sow/>, consultado el 20 de septiembre de 2018.

SIGLAS Y REFERENCIAS

- AGHEG Archivo General e Histórico del Estado de Guanajuato, fondos *Aguas e Irrigación (AI)* y *Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAyG)*, Guanajuato, México.
- RAC Rockefeller Archive Center, fondos 1.1 y 6.13 (México), Nueva York, Estados Unidos.

ABOITES AGUILAR, Luis, *El norte entre algodones. Población, trabajo agrícola y optimismo en México, 1930-1970*, México, El Colegio de México, 2013.

ABOITES AGUILAR, Luis y Gloria CAMACHO PICHARDO, “Aproximación al estudio de una sequía en México. El caso de Chapala-Guadalajara (1949-1958)”, en GARCÍA ACOSTA (coord.), 1996, pp. 197-222.

ABOITES MANRIQUE, Gilberto, *Una mirada diferente de la revolución verde. Ciencia, nación y compromiso social*, México, Universidad de Guadalajara, Plaza y Valdés Editores, 2002.

AGUIRRE, Norberto, *Alemán y la Comisión del Maíz*, México, Ruta, 1951.

ÁLVAREZ, Eduardo y R. W. RICHARDSON, “Cultivemos nuestras semillas de hortalizas”, en *Agricultura Técnica en México*, 2 (verano 1955), pp. 1-4.

Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1955-1956, México, Dirección General de Estadística, Poder Ejecutivo Federal, 1957.

BAKEWELL, Peter, *Minería y sociedad en el México colonial. Zacatecas (1546-1700)*, México, Fondo de Cultura Económica, 1976.

BARKIN, David, Rosemary BATT y Billie R. DEWALT, *Alimentos versus forrajes. La sustitución entre granos a escala mundial*, México, Siglo Veintiuno Editores, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, 1991.

BJORN REKDAL, Ole, “Money, Milk and Sorghum Beer: Change and Continuity among the Iraqw of Tanzania”, en *Africa: Journal of the International African Institute*, 66: 3 (1996), pp. 367-385.

BONNEUIL, Christophe, “Mendelism, Plant Breeding and Experimental Cultures: Agriculture and the Development of Genetics in France”, en *Journal of the History of Biology*, 39 (2006), pp. 281-308.

BOTERO-SANTA, Paola A., Susana A. ALANIZ-ÁLVAREZ, Ángel F. NIETO-SAMANIEGO, Margarita LÓPEZ-MARTÍNEZ, Gilles LEVRESSE, Shunshan XU y Carlos ORTEGA-OBREGÓN, “Origen y desarrollo de la cuenca El Bajío en el sector central de la Faja Volcánica Transmexicana”, en *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 32: 1 (2015), pp. 84-98.

BRADING, David, *Haciendas y ranchos del Bajío. León 1700-1800*, México, Grijalbo, 1988.

BRADING, David, *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*, México, Fondo de Cultura Económica, 1971.

CARRILLO ROJAS, Arturo y Eva RIVAS SADA (coords.), *Agricultura empresarial en el norte de México (siglo XX)*, México, Plaza y Valdés, 2016.

CÁRDENAS, Enrique, *La hacienda pública y la política económica, 1929-1958*, México, El Colegio de México, Fideicomiso Historia de las Américas, Fondo de Cultura Económica, 1994.

CASANUEVA, Mario y Diego MÉNDEZ, “Teoría y experimento en Genética Mendeliana: una exposición en imágenes”, en *Theoria*, 63 (2008), pp. 285-306.

CHECA-ARTASU, Martín Manuel, Oriana Zaret GAYTÁN GÓMEZ, “Elementos para la creación de un cluster cárnico porcicultor en la región del Bajío Occidental del Lerma”, en *INCEPTUM, Revista de Investigación en Ciencias de la Administración*, vi: 11 (jul.-dic. 2011).

CLEAVER, Harry, “The Contradictions of the Green Revolution”, en *The American Economic Review*, 62: 2 (mar. 1972), pp. 177-186.

Comisión Nacional del Maíz, México, Comisión Nacional del Maíz, 1958.

CONTRERAS SERVÍN, Carlos, “Las sequías en México durante el siglo XIX”, en *Boletín del Instituto de Geografía*, 56 (2005), pp. 118-133.

COTTER, Joseph, “Before the green revolution: Agricultural science policy in Mexico, 1920-1950”, tesis de doctorado en historia, Santa Bárbara, University of California, 1994.

COTTER, Joseph, *Troubled Harvest. Agronomy and Revolution in Mexico, 1880-2002*, Connecticut, Praeger Publishers, 2003.

Crop Production Historical Track Records, Washington, National Agricultural Statistics Service, USDA, abril de 2015.

“DDT, insecticida de moda”, en *Revista Tierra*, 4 (ene. 1946), p. 8.

FABILA, Gilberto, “La mecanización”, en *Tierra. Revista Mensual de Agricultura y Ganadería*, II: 3 (mar. 1947), pp. 15 y 16.

FITZGERALD, Deborah, *The Business of Breeding. Hybrid Corn in Illinois, 1890-1940*, Ithaca, Cornell University, 1990.

FLORESCANO, Enrique, *Precios del maíz y crisis agrícolas en México, 1708-1810*, México, Era, 1986.

FLORESCANO, Enrique, Jaime SANCHO Y CERVERA y David PÉREZ GAVILÁN ARIAS, “Las sequías en México, historia, características y efectos”, en *Comercio Exterior*, 30: 7 (jul. 1980), pp. 747-757.

GARCÍA, Rolando, *El desarrollo de los cultivos comerciales en El Bajío*, México, Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas para el Desarrollo Social, 1985.

GARCÍA ACOSTA, Virginia (coord.), *Historia y desastres en América Latina*, Bogotá, Colombia, La Red, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1996.

GARCÍA MARTÍNEZ, Bernardo, *Las regiones de México: breviario geográfico e histórico*, México, El Colegio de México, 2008.

GARCÍA-PÁEZ, Fernando e Isidro R. CRUZ-MEDINA, “Variabilidad de la precipitación pluvial en la región Pacífico Norte de México”, en *Agrociencia*, 43 (2009), pp. 1-9.

GUTIÉRREZ NÚÑEZ, Netzahualcóyotl Luis, “Cambio agrario y revolución verde. Dilemas científicos, políticos y agrarios en la agricultura mexicana del maíz, 1920-1970”, tesis de doctorado en historia, México, El Colegio de México, 2017.

HARWOOD, Jonathan, “Did Mendelism Transform Plant Breeding? Genetic Theory and Breeding Practice, 1900-1945”, en *New Perspectives on the History of Life Sciences and Agriculture*, Archimede Series, 40 (13 feb. 2015), pp. 345-370.

“Henry A. Wallace habla para ‘Tierra’, en *Tierra. Revista Mensual de Agricultura y Ganadería*, 12 (sep. 1946), pp. 660-663.

HERNÁNDEZ, Efraím X. y Fiacro MARTÍNEZ, “Conozca los zacates nativos de México”, en *Agricultura Técnica en México*, 4 (verano 1957), pp. 8-11.

HEWITT DE ALCÁNTARA, Cynthia, *La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970*, México, Siglo Veintiuno Editores, 1976.

HOGG, Dominic, *Technological Change in Agriculture. Locking in to Genetic Uniformity*, Nueva York, Palgrave, 2000.

IBARRA, David, “Economía y comercio de fertilizantes en México. Los fertilizantes y la batalla del maíz. Breve reseña”, en *Boletín de Guanos y Fertilizantes*, año III, 15 (abr.-mayo-jun. 1958), pp. 13-20.

IV Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal, 1960. Resumen General, México, Dirección General de Estadística, Secretaría de Industria y Comercio, 1965.

JACKSON, David M., Warren R. GRANT y Carl E. SHAFER, *U.S. Sorghum Industry*, U.S. Department of Agriculture, Economics, Statistics, and Cooperative Service, Agricultural Economic Report, No. 457. June 1980.

KASTEN MONGES, Jorge Ulises, “Análisis y perspectivas de desarrollo en el estado de Jalisco de las clases industriales relacionadas con el sistema de alimentos balanceados”, tesis profesional, ingeniero agrónomo, Guadalajara, Universidad de Guadalajara, 1988.

KELLET, Jason, “Cultural Practices”, en *Grain Sorghum Production Handbook*, Arkansas, University of Arkansas, Division of Agriculture, USDA, County Governments Cooperating, Cooperative Extension Service, 2016.

KINGSBURY, Noel, *Hybrid: The History and Science of Plant Breeding*, Chicago, University of Chicago Press, 2009.

LADURIE, Emmanuel Le Roy, *Historia humana y comparada del clima*, México, Fondo de Cultura Económica, 2017.

LAKSHMAN, S. Yapa, ““What are Improved Seeds” An Epistemology of the Green Revolution”, en *Economic Geography*, 69: 3 (jul. 1993), pp. 254-273.

LÉONARD, Eric, *Una historia de vacas y golondrinas. Ganaderos y campesinos temporeros del Trópico Seco Mexicano*, Zamora, México, El Colegio de

Michoacán, Institut Français de Recherche Scientifique pour le développement en Coopération, Fondo de Cultura Económica, 1995.

LEWIS, R. D., *Grain Sorghum Production in Texas*, Bulletin 912, Texas, Texas Agricultural Experiment Station, US. Department of Agriculture, 1958.

LEYVA, Xóchitl y Gabriel ASCENCIO, “Las crisis y los empresarios porcícolas del centro-norte de Michoacán (1940-1989)”, en *Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales*, 40 (1991), pp. 87-112.

LOMA, Jose Luis de la, “¿Qué es el maíz híbrido?”, en *Revista Tierra*, 10 (jul. 1946).

MALASSIS, Louis, “Histoire de l’agriculture, histoire de l’alimentation, histoire générale”, en *Economie rurale*, 184-186 (mar.-ago. 1988), pp. 192-198.

MARTÍNEZ, Rodney, Eduardo ZAMBRANO, Juan José NIETO, Julián HERNÁNDEZ y Felipe COSTA, “Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos y sociales de El Niño 2015-2016 en América Latina”, en *Investigaciones Geográficas*, 68 (2017), pp. 65-78.

MATCHETT, Karin, “Untold Innovation: Scientific Practice and Corn Improvement in Mexico, 1935-1965”, tesis de doctorado, University of Minnesota, 2002.

MATCHETT, Karin “At Odds over Inbreeding: An Abandoned Attempt at Mexico/United States Collaboration to ‘Improve’ Mexican Corn, 1940-1950”, en *Journal of the History of Biology*, 39: 2 (verano 2006), pp. 345-372.

MCNEILL, J. R., “The Nature of Environmental History. Observations on the Nature and Culture of Environmental History”, en *History and Theory, Theme Issue*, 42 (dic. 2003), pp. 5-43.

Mejoramiento de la excelencia: logros en el mejoramiento, con la raza Tuxpeño 1966-1986. Maíz y trigo para el Tercer Mundo, México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 1986.

Nutrisow. Alta nutrición para animales, en <http://www.nutrisow.com.mx/product/can-sow/>, consultado el 20 de septiembre de 2018.

OCHOA, Enrique C., *Feeding Mexico. The Political Uses of Food since 1910*, Wilmington, Scholarly Resources, 2000.

OCHOA, Enrique C., "Reappraising State Intervention and Social Policy in Mexico: The Case of Milk in the Distrito Federal during the Twentieth Century", en *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, 15: 1 (invierno 1999), pp. 73-99.

OLMSTEAD, Alan L. y Paul W. RHODE, *Creating Abundance. Biological Innovation and American Agricultural Development*, Cambridge, Cambridge University Press, 2008.

ORTEGA-GAUCIN, David, "Medidas para afrontar la sequía en México: una visión retrospectiva", en *Revista de El Colegio de San Luis*, 15 (ene.-abr. 2018), pp. 77-105.

ORTEGA PACZKA, Rafael, "Vida y aportes del maestro Efraím Hernández Xolocotzi", en *Revista de Geografía Agrícola*, 50-51 (ene.-dic. 2013), pp. 31-36.

PALLADINO, Paolo, "Between Craft and Science: Planta Breeding, Mendelian Genetics, and British Universities, 1900-1920", en *Technology and Culture*, 34: 2 (abr. 1993), pp. 300-323.

PALLADINO, Paolo, "The Political Economy of Applied Research: Plant Breeding in Great Britain, 1910-1940", en *Minerva*, 28: 4 (dic. 1990), pp. 446-468.

PHILLIPS, Sarah T., *This Land, This Nation. Conservation, Rural America, and the New Deal*, Nueva York, Cambridge University Press, 2007.

"Por los centros de investigación. Centro de Investigaciones del Noroeste, Ciudad Obregón, Sonora", en *Agricultura Técnica en México*, 4 (verano 1957), pp. 31 y 32.

PUJOL-ANDREU, Josep, "Wheat varieties and technological change in Europe, 19th and 20th centuries: New issues in economic history", en *Historia Agraria*, 54 (ago. 2011), pp. 71-103.

QUINBY, J. R., N.W. KRAMER, J. C. STEPHENS, K. A. LAHR y R. E. KAPER, "Grain Sorghum Production in Texas", en *Grain Sorghum Production in Texas, Bulletin 912*, Texas, U.S.A., Texas Agricultural Experiment Station, Department of Agriculture, 1958.

RACHIE, K.O., Alfredo ORTEGÓN, Juan M. MUÑOZ y Jesús NEVE VARGAS, "Los mejores sorgos en 1956", en *Agricultura Técnica en México*, 4 (primavera 1956), pp. 18-20.

RAMÍREZ QUINTERO, Cirila, “El sorgo en el norte de Tamaulipas, 1965-1982: de cultivo de reemplazo a base agrícola”, en CARRILLO ROJAS y RIVAS SADA (coords.), 2016, pp. 109-142.

“Razas de maíz en México”, en *Biodiversidad mexicana*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, consultado en <https://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/razas2012.html>, 3 de abril de 2019.

“Requerimientos de clima y suelo para el cultivo de la papa”, en Intagri, consultado en <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa>, 5 de abril de 2019.

Resumen del informe de labores de la Secretaría de Agricultura y Ganadería. Del 1º de septiembre de 1947 al 31 de agosto de 1948, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1948.

ROSENBERG, Charles, “Rationalization and Reality in the Shaping of American Agricultural Research, 1875-1914”, en *Social Studies of Science*, 7: 4 (nov. 1977), pp. 401-422.

SÁNCHEZ RANGEL, Óscar, “La transformación de la economía tradicional mexicana. Guanajuato: mutaciones costosas durante la primera mitad del siglo xx”, tesis de doctorado en historia, México, El Colegio de México, 2012.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, Martín, *Cuando las aguas se dividen. Control de las aguas torrenciales en México: entarquinamiento*, Zamora, Michoacán, El Colegio de Michoacán, 2018.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, Martín, “*El mejor de los títulos.*” *Riego, organización social y administración de recursos hidráulicos en el Bajío mexicano*, Zamora, México, El Colegio de Michoacán, Gobierno del Estado de Guanajuato, Comisión Estatal del Agua, 2005.

Síntesis geográfica, pp. 22-25, http://internet.contenidos.inegi-org.mx/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220457/702825220457_1.pdf, consultada el 26 de septiembre de 2018.

STAKMAN, E. C., Richard BRADFIELD y Paul MANGELSDORF, *Campaigns against Hunger*, Cambridge, The Belknap Press of Harvard University Press, 1967.

SUTCH, Richard, *The Impact of the 1936 Corn Belt Drought on American Farmers' Adoption of Hybrid Corn*, en *The Economics of Climate Change*:

Adaptations Past and Present (2011), Gary D. Libecap y Richard H. Steckel, eds., Chicago, Universidad de Chicago, 2011, pp. 195-223.

SWANSON, A. F. y H. H. LAUDE, *Varieties of Sorghum in Kansas*, Agricultural Experiment Station, Kansas State College of Agriculture and Applied Science, Manhattan, Kansas, Kansas State College Press, 1934.

TESYAFE, Kassahun, “Genetic diversity study of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moenc) genotypes, Ethiopia”, en *Agriculture and Environment*, 9 (2017), 44-54.

The Rockefeller Foundation Annual Report 1944, Nueva York, Rockefeller Foundation, 1944.

“The Six Year Drought, 1951-1956”, en “North American Drought: A Paleo Perspective. The Beginning, the story, the data, a final word. 20th Century Drought”, consultado en www.ncdc.noaa.gov/paleo/drought/drght_history.html, el 26 de septiembre de 2018.

TUTINO, John, *De la insurrección a la revolución en México: las bases sociales de la violencia agraria, 1750-1940*, México, Era, 1990.

V Censo Agrícola-Ganadero y Ejidal 1970, México, Dirección General de Estadística, mayo de 1973.

VÁZQUEZ VALENZUELA, David Adán, “De betabeles y revoluciones. El Partido Liberal Mexicano en los distritos remolacheros del sur de California y el valle del río Arkansas en Colorado, 1890-1929”, tesis de doctorado en historia, México, El Colegio de México, 2019.

WALTON, John, “Varietal innovation and the competitiveness of the British cereals sector, 1760-1930”, en *Agricultural History Review*, 47: 1 (1999), pp. 29-57.

WELLHAUSEN, E. J., L. M. ROBERTS, E. HERNÁNDEZ X. y P. C. MANGELSDORF, *Las razas de maíz en México. Su origen, características y distribución*, México, Programa de Agricultura Cooperativo de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México y Fundación Rockefeller, 1951.

WIELAND, Thomas, “Scientific Theory and Agricultural Practice: Plant Breeding in Germany from the Late 19th to the Early 20th Century”, en *Journal of the History of Biology*, 39 (2006), pp. 309-343.

ZAMORA-SALGADO, Sergio, Francisco Higinio RUIZ-ESPINOZA, F. Alfredo BELTRÁN-MORALES, Liborio FENECH-LARIOS, Bernardo MURILLO AMADOR, José LOYA-RAMÍREZ y Enrique TROYO-DIÉGUEZ, “Régimen hídrico del maíz en una zona árida, determinado en porcentajes de evaporación”, en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13 (2011), pp. 181-186.

ZULETA MIRANDA, María Cecilia, “La invención de una agricultura próspera. Itinerarios del fomento agrícola entre el porfiriato y la revolución, 1876-1915”, tesis de doctorado en historia, México, El Colegio de México, 2000.