

Classification of the agricultural frontier of Mexico in accordance with the slope

Rodrigo Tovar Cabañas^{1*}
Hipólito Villanueva Hernández²
Shany Arely Vázquez Espinosa³
José Alfredo Jáuregui Díaz²

Abstract

In this work, the agricultural land-cover polygons developed by the Agri-food and Fisheries Information Service (SIAP by its acronym in Spanish) of the Ministry of Agriculture and Rural Development (SADER by its acronym in Spanish) were classified, their main characteristic is the distinction between irrigated and rainfed lands. The studied area includes the entire national territory. 1) We worked on a study universe of more than 360 thousand agricultural polygons. 2) 10 types of slope or representative cells of the relief with a resolution of 1 km for the national scale. 3) Of which it can be summarized that 5.0 % of the national territory corresponds to rainfed agriculture settled on lands with a slope less than 6°, also 3.0 % of the national territory corresponds to irrigated agriculture on lands with a slope less than 6°, while 5.4 % of the national territory corresponds to rainfed agriculture settled on lands with a slope greater than 6°, while only 1.8 % of the national territory corresponds to irrigated agriculture on lands with a slope greater than 6°.

Keywords: Agricultural frontier, Mexican relief, irrigated lands, rainfed lands, environmental geography.

Clasificación de la frontera agrícola de México en función de la pendiente

Resumen

En este trabajo se clasificaron los polígonos con cobertura de tierra agrícola desarrollados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), cuya característica principal es la distinción entre tierras de riego y de temporal. El área estudiada comprende todo el territorio nacional. 1) Se trabajó sobre un universo de estudio superior a los 360 mil polígonos agrícolas. 2) 10 tipos de pendiente o celdas representativas del relieve con una resolución de 1 km para la escala nacional. 3) De los cuales se puede resumir que el 5.0 % del territorio nacional corresponde a agricultura de temporal dispuesta en terrenos con pendiente menor a 6°, asimismo 3.0 % del territorio nacional corresponde a agricultura de riego dispuesta en terrenos con pendiente menor a 6°, mientras 5.4 % del territorio nacional corresponde a agricultura de temporal dispuesta en terrenos con pendiente mayor a los 6°, en tanto que solo el 1.8 % del territorio nacional corresponde a agricultura de riego dispuesta en terrenos con pendiente mayor a 6°.

Palabras clave: Frontera agrícola, relieve mexicano, tierras de riego, tierras de temporal, geografía ambiental.

¹El Colegio de Veracruz, Carrillo Puerto núm. 26, Zona Centro, Xalapa, Veracruz, C. P. 91000.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Investigaciones Sociales, Ave. Lázaro Cárdenas Ote. y Paseo de la Reforma s/n. Campus Mederos, U.A.N.L., C.P. 64930. Monterrey, N. L.

³Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales, Calle Diego Leño núm. 8, Zona Centro, C. P. 91000, Xalapa-Enríquez, Ver.

*Corresponding author: rod_geo77@hotmail.com Tel: 5518187740, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4873-2502>.

Received: October 26, 2020.

Accepted: June 14, 2022.

Introduction

Historically, at the beginning, the agricultural production in Mexico, was focused on attending the European geopolitical whim, starting with pastures to snatch goods from the interior to its eastern coast and concluding with speculative crops such as corn, not for direct consumption, but to prepare whiskey. From the second half of the nineteenth century, the agricultural Policy of Mexico was concerned with attending the interest of the United States, that is why the Mexican agriculture throughout the twentieth century, was focused on a few states, and it was aimed at certain cash crops: wheat, cotton, sorghum, strawberry, tomato and oilseeds (Esteve, 1975).

Despite this, the agriculture went into decline since the end of the 1960s, because the real unit cost of the government irrigation works tripled, and the total agricultural gross investment decreased eight percentage points from 1950 to 1967, the same slowdown was seen in the net private investment (Puente, 1971). The response of modern peasants, instead of focusing on the optimal resource utilization, ended up focusing on speculative business activities and real estate investments in urban centers (Esteve, 1975).

In this regard, it is important to point out that the geographical characteristics of Mexico limit the agriculture: only 20 % of the national territory show proper characteristics for the agricultural development; 80 % of the farming surface is the rainfed land and 15 % of irrigation (Coll, 1985), other obstacles have to do directly with the lack of information on potamology, topography, and the lack of specialized personnel (Soto, 2003), despite this, voices that present Mexico as an agricultural country have always emerged.

The origin of the myth "agricultural Mexico" gained force in 1943, when the Mexican Agricultural Program (MAP), created by the Rockefeller Foundation, invented the idea, and fixed the goal to increase the agricultural productivity. The increase of less than 2 % of the maize production between 1939 and 1950, came from hybrid seeds, in such a way that, through simulation of agrotechnological achievements, but, especially, through propaganda, psychobiology and social engineering, the green revolution seemed to achieve more and better maize and bean

Introducción

Históricamente, la producción agrícola de México en un primer momento se enfocó a atender el capricho geopolítico de Europa, iniciando con pastos para poder arrear las mercancías del interior hacia su costa oriental y terminando con cultivos de especulación como el caso del maíz, no para consumo directo, sino para elaborar whisky. A partir de la segunda mitad del siglo XIX, la política agrícola de México se preocupa por atender el interés de Estados Unidos, de allí que, la agricultura mexicana a lo largo del siglo XX se concentró en unos cuantos Estados, y se orientó a ciertos cultivos comerciales: trigo, algodón, sorgo, fresa, tomate y oleaginosas (Esteve, 1975).

Pese a ello, la agricultura entró en declive desde finales de la década de 1960, puesto que, el costo real unitario de las obras de irrigación del gobierno se triplicó, y la inversión bruta total agrícola descendió ocho puntos porcentuales de 1950 a 1967, la misma desaceleración tuvo la inversión privada neta (Puente, 1971). La respuesta de los agricultores modernos, en vez de orientarse al aprovechamiento óptimo de los recursos, terminaron enfocándose en actividades comerciales especulativas e inversiones en bienes raíces en centros urbanos (Esteve, 1975).

Al respecto, es conveniente señalar que las características geográficas de México limitan la agricultura: solo 20 % del territorio nacional presenta características adecuadas para el desarrollo agrícola; 80 % de la superficie de labor es tierra de temporal y 15 % de riego (Coll, 1985), otros obstáculos tienen que ver directamente con la falta de información sobre potamología, topografía, y con la carencia de personal especializado en la materia (Soto, 2003), pese a ello, siempre han surgido voces que presentan a México como un país agrícola.

El origen del mito "México agrícola" cobró fuerza desde 1943, cuando el Programa Agrícola Mexicano (MAP), creado por la fundación Rockefeller, inventó la idea y se fijó la meta de aumentar la productividad agropecuaria. El aumento de menos del 2 %, de la producción de maíz entre 1939 y 1950, provino de semillas híbridas, de modo que, mediante simulación de logros agro-tecnológicos, pero, sobre todo, a través de propaganda, de psicobiología e ingeniería social, la revolución verde aparentaba lograr más y mejores granos de maíz y

grains (Jennings, 1988). In the case of rice, its great upturn had nothing to do with the introduction of innovative technologies, but with the expansion of the agricultural frontier (Pureco and García, 2018).

Ironically, for more than half a century, governments, academics and businessmen have been led to believe that agricultural research (mainly in North America) can only be applied under the ecological, technical, economic and social conditions in the limited areas of the enclaves of commercial agriculture in the arid north of Mexico, disregarding the rest of the rainfed agriculture, which for a hundred years, it has not obtained the support of an investigation that begins from the precise identification of the relief conditions in which it operates (Esteva, 1975).

Only Bellón (1979) estimated that the 36 % of the national territory, in other words, an area of 70 million hectares, has a slope up to 10°; while Montes, et al. (2011) and Bolaños et al. (2016) in their calculations at national scale of the Universal Soil Loss Equation (USLE), even though they indicate the resolution of the cells with which they worked in raster format, the slope length factor (designed by the Soil Conservation Service of the U.S Department of Agriculture), does not show any slope map at national scale. Recently, the National Center for Disaster Preparedness (CENAPRED, by its acronym in Spanish) released a slope instability map with a resolution of 15 x 15 m, however, the scale it presents is qualitative rather than quantitative (CENAPRED, 2020).

In such a manner that, to date, there is not a map of the agricultural frontier per slope degree at national scale that help to know objectively the agricultural dimensions of Mexico, there are only the maps and statistics of the agricultural frontier from 1970s, which traditionally have been the accepted mapping, more by subjectivity than by scientific objectivity. On the other side, the mapping regarding the limits of agriculture developed by Bassols at the end of the twentieth century, was based on two criteria: a) the historically agricultural areas from central and southern Mexico and b) the agricultural enclaves from the north to argument that the third part of the Mexican territory could be able to agricultural use. For that reason, the idiosyncrasies that Mexico is an agricultural country was disseminated from the

frijol (Jennings, 1988). Para el caso del arroz, su gran despegue no tuvo que ver con la introducción de nuevas tecnologías, sino con la ampliación de la frontera agrícola (Pureco y García, 2018).

Irónicamente, desde hace más de medio siglo, se ha hecho creer a gobiernos, académicos y empresarios que la investigación agrícola (principalmente norteamericana) solo se puede aplicar en las condiciones ecológicas, técnicas, económicas y sociales en las limitadas áreas de los enclaves de agricultura comercial del árido norte de México, desatendiendo el resto de la agricultura de temporal, que desde hace cien años no ha tenido el respaldo de una investigación que parta de la identificación precisa de las condiciones del relieve en que opera (Esteva, 1975).

Solo Bellón (1979) estimó que el 36 % del territorio nacional, o sea, un área de 70 millones de hectáreas presenta una pendiente de hasta 10°; mientras que Montes, et al. (2011) y Bolaños et al. (2016) en su cálculo a escala nacional de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE, por sus siglas en inglés), pese a que señalan la resolución de las celdas con que trabajaron en formato raster, el factor de longitud de la pendiente (diseñado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de EE. UU.), no presentan mapa alguno de pendientes a escala nacional. Única y de forma reciente el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) dio a conocer un mapa de inestabilidad de laderas con resolución de 15 x 15 m, sin embargo, la escala que presenta es cualitativa más no cuantitativa (CENAPRED, 2020).

De tal suerte que hasta la fecha no se cuenta con un mapa de la frontera agrícola por grado de pendiente a escala nacional que ayude a conocer objetivamente las dimensiones agrícolas de México, solamente, los mapas y estadísticas de la frontera agrícola de la década de los años 1970, tradicionalmente han sido la cartografía aceptada, más por subjetividad que por objetividad científica. Por otra parte, la cartografía en torno a los límites de la agricultura elaborada por Bassols a finales del siglo XX se basó en dos criterios: a) las zonas históricamente agrícolas del centro y sur de México y b) los enclaves agrícolas del norte, para argumentar que la tercera parte del territorio mexicano podría ser apto para uso agrícola. Por tal hecho, la idiosincrasia de que México es un país agrí-

1980s by several international instances dedicated more to investment than to the study of the Mexican territory. For this, we offer a general overview about agricultural history below, to subsequently led to its quantification based on the slope degrees.

History of the agricultural frontier of Mexico

A text mining in the General National Archive (AGN by its acronym in Spanish), regarding the agriculture, reveals that maize, grass, and sugar cane, were the three main crops harvested during the sixteenth century. It is possible that this is because the Spanish settlements were a private company, that, due to its technological and scientific capacity, the first and most profitable thing they sought was good pasture or any type of pasture rather than some type of arable land (Smith, 2016).

The lack of grasslands in the Caribbean and Mesoamerica leads this companies to create plantations that bear fruit during the sixteenth century, not for the improvement of land or the modernization of their companies but for speculation and taxes evasion or custom. Another factor that forced the investment in the plantation development was the wheat price drop from 1500 to 1570 in Europe (Smith, 2016), together with the fact that this and other cereals could only be stored for two or three years, while sugar could be stored for longer, in addition to the fact that it was an exorphin that was soon accepted in European custom.

In such a way that, the settlement and harvest in Mesoamerica were not due to the wisdom and excellent work, but to the disorder and injustice of the European governments (Smith, 2016). When sugar became the most taxed article of the Spanish Crown in 1594, it was marketed for the first time in France, Netherlands, etcetera, while in Spain, the cycle began one more time but with the cacao and tobacco trade.

For the seventeenth century, the text mining in the AGN, regarding the agriculture, reveals that cacao and tobacco were two of the main crops that New Spain used during this period. According to Montanus (1671), it is inferred that the sweet potato or yam also was part of the agricultural trade of the Spanish Crown. Montanus recorded Mexican cotton as another commercially important crop of the

cola fue divulgada desde la década de los años 1980 por varias instancias internacionales abocadas más a la inversión que al estudio del territorio mexicano. Por tal circunstancia, a continuación, se brinda un panorama general de la historia agrícola, para luego dar paso a su cuantificación en función de los grados de pendiente.

Historia de la frontera agrícola de México

Una minería de texto en el Archivo General de la Nación (AGN), en torno al tema agricultura, revela, que el maíz, el zacate y la caña de azúcar, fueron los tres principales cultivos que se trabajaron durante el siglo XVI. Es probable que esto se deba a que los asentamientos españoles fueron una empresa privada, que, debido a su capacidad científica tecnológica, lo primero y más rentable que buscaban conseguir eran buenos pastos o cualquier tipo de pastos antes que algún tipo de tierra cultivable (Smith, 2016).

La escasez de praderas en el Caribe y Mesoamérica orilló a dichas empresas a crear plantaciones, las cuales fructificaron, durante el siglo XVI, no por la mejora de tierras o tecnificación de su empresa sino por la especulación y la evasión de impuestos o aduanas. Otro factor que obligó a invertir en la creación de plantaciones fue la caída del precio del trigo que tuvo de 1500 a 1570 en Europa (Smith, 2016), conjuntamente a que este y otros cereales solo se podían almacenar durante dos o tres años, mientras que el azúcar se podía almacenar por más tiempo, además de que fue una exorfina que se aceptó pronto en la costumbre europea.

De modo que, el poblamiento y cultivo de Mesoamérica no se debió a la sabiduría y el buen hacer, sino al desorden y la injusticia de los gobiernos de Europa (Smith, 2016). Cuando el azúcar se convirtió en el artículo más gravado de la Corona Española en 1594, esta se empezó a comercializar en Francia, Países Bajos, etcétera, mientras que España iniciaba nuevamente el ciclo, pero con el tráfico del cacao y el tabaco.

Para el siglo XVII, la minería de texto en el (AGN), en torno al tema agricultura, revela que el cacao y el tabaco fueron dos de los principales cultivos que Nueva España trabajó durante ese periodo. De acuerdo con Montanus (1671), se infiere que también el camote o batata formó parte del comercio agrícola

seventeenth century (Ogilby and Montanus, 1671). While Nieuhof and Nieuhof (1682: 493) recorded the commercial importance of coconut cultivation in the American tropics at that time.

The text mining in the AGN, regarding the agriculture, reveals that the agricultural expansion and diversification of the Mexican field took place in the eighteenth century, the *hacienda* focused on the production of coffee, potatoes, papaya, and bananas, in addition to four cereals: rice, wheat, barley and oat. Except for the vanilla (Malie, 1730) and coffee, these crops were aimed at the local market.

The agriculture during the first three decades of the independent period of Mexico was focused on seven crops: sugar, tobacco, cacao, vanilla, maize, cotton, and desert plants such as the cacti. The extension of the cultivation of sugar got a strong scientific and technical boost due to Humboldt's trips and geographical studies, which were mapped by Woodbridge (1823). Tobacco had the attention and dissemination of the Scottish cartographer and recorder Laurie (1821). While vanilla and cacao received their energetic mercantile scientific boost thanks to the German cartographers Berghaus et. al. (1839). By mid-century, the cotton international demand promoted its cultivation in Mexico (Berghaus and Perthes, 1848).

The maize international trade reached its zenith in the 1840s (Table 1), this zenith was related to the several prohibitions and tariffs on rum and sugar cane, and the need to produce corn-based bourbon whiskey to cover the rum market, in this way, the maize entered the Anglo-Saxon culture (Dedmond, 1983). Some of the first large maize exports emerged in Brazil, Guiana, French Guiana, and Suriname. In 1898, Spain imported more than 100 thousand tons of maize (Carreras and Tafunell, 2005). Finally, at the beginning of the nineteenth century, cacti became important at international level, mainly in the mainland Europe (Bromme and Humboldt, 1851).

However, in historiographic terms, it is important to remember that the most representative agricultural products of the pre-Hispanic period were maize, bean, and chili, as well as cotton of Heuhtlapan, subsequently, Santa Ana Hueytlapan, Tulancingo de Bravo, Hidalgo (Duhau, 1982). Nevertheless, it is difficult to establish the agricultural quality of produc-

la de la Corona Española. El mismo Montanus dejó constancia del algodón mexicano como otro cultivo de importancia comercial del siglo XVII (Ogilby y Montanus, 1671). Mientras que Nieuhof y Nieuhof (1682: 493) dejaron constancia de la importancia comercial del cultivo de coco en el trópico americano de aquella época.

La minería de texto en el (AGN), en torno al tema agricultura, revela que la expansión y diversificación agrícola del campo mexicano ocurrió en el siglo XVIII, las haciendas se centraron en la producción de café, papa, papaya y plátano, además de cuatro cereales: arroz, trigo, cebada y avena. Con excepción de la vainilla (Malie, 1730) y del café, esos cultivos fueron destinados al mercado local.

La agricultura durante las primeras tres décadas de la época independiente de México se centró en siete cultivos: azúcar, tabaco, cacao, vainilla, maíz, algodón y plantas desérticas como las cactáceas. La extensión del cultivo de azúcar recibió un fuerte impulso técnico científico debido a los viajes y estudios geográficos de Humboldt, los cuales fueron cartografiados por Woodbridge (1823). El tabaco recibió la atención y difusión del cartógrafo y grabador escocés Laurie (1821). Mientras que la vainilla y el cacao recibieron su enérgico impulso científico mercantil gracias a los cartógrafos alemanes Berghaus et. al. (1839). A mediados de siglo, la demanda internacional de algodón incentivó el cultivo de este en México (Berghaus y Perthes, 1848).

El comercio internacional del maíz inició su apogeo en la década de 1840 (Cuadro 1), dicho auge estuvo asociado a las múltiples prohibiciones y aranceles sobre el ron y la caña de azúcar, y la necesidad de producir whisky bourbon a base de maíz para cubrir el mercado de ron, es así como el maíz entró en la cultura anglosajona (Dedmond, 1983). Algunas de las primeras grandes exportaciones de maíz surgieron en Brasil, Guyana, Guayana Francesa y Surinam. En 1898, España importaba más de 100 mil toneladas de maíz (Carreras y Tafunell, 2005). Finalmente, al comenzar la segunda mitad del siglo XIX, las cactáceas empezaron a cobrar importancia a nivel internacional, principalmente en la Europa continental (Bromme y Humboldt, 1851).

Ahora bien, en términos historiográficos hay que recordar que los productos agrícolas más represen-

Cuadro 1. Principales cultivos por período histórico.
Table 1. Main crops by historical period.

Siglo/ Century	Cultivos/Crops
XIV/14th	Maíz, frijol, chile, algodón, agaves./ Maize, bean, chili, cotton, agave.
XVI/16th	Maíz, zacate, caña de azúcar./ Maize, grass, sugar cane.
XVII/17th	Cacao, tabaco, camote, algodón, azúcar, coco./ Cacao, tobacco, sweet potato, cotton, sugar, coconut.
XVIII/18th	Algodón, arroz, avena, café, papaya, plátano, vainilla, papa, cebada, trigo./ Cotton, rice, oat, coffee, papaya, banana, vanilla, potato, barley, wheat.
XIX/19th	Tabaco, azúcar, maíz, cacao, vainilla, algodón, cactus, trigo, orquídea, noche buena./ Tobacco, sugar, maize, cacao, vanilla, cotton, cactus, wheat, orchid, poinsettia.
XX/20th	Henequén, café, tabaco, trigo, algodón, sorgo, fresa, tomate, oleaginosas./ Sisal, coffee, tobacco, wheat, cotton, sorghum, strawberry, tomato, oilseeds.

Fuente: Elaboración propia con base en: Duhau, 1982, Smith, 2016, Ogilby y Montanus, 1671, Malie, 1730, Woodbridge, 1823, González, 1969, Esteva, 1975.
Source: Own elaboration based on: Duhau, 1982, Smith, 2016, Ogilby and Montanus, 1671, Malie, 1730, Woodbridge, 1823, González, 1969, Esteva, 1975.

tive lands for the pre-Hispanic period, it is only possible to know about some field cares, for example, in the agricultural slopes of Tulancingo, terraces with double borders were erected to condition a drain or *metapantle* to avoid soil dragging and remove excess water without violence, the *magueyer*s were placed in double rows to form the back and retainer of the terrace, and in the *metapantle*, maize was planted (Ruvalcaba, 1984).

Regarding the *Altepetlalli*, it is known that they were agricultural lands worked by families without lands, they were used as lease, where the tribute was diverted from the community. These lands were divided into parts based on the districts that existed in each town. They could not be disposed of under any circumstances since they were intended to be worked collectively for benefit and payment of tribute. (Arizmendi, 1950).

Then, in the colonial era, New Spain inherits the modern and capitalist character of European agriculture of wheat and barley, for this, the sugar plantation was a capitalist company, as well as the maize and agave *haciendas*, despite their technical backwardness, they were a capitalist company, both in organization and in spirit, so such crops had capitalist traits, it must be taken into account that huge amounts of maize were consumed by beasts of burden and draft, the most important means of transportation of that time, in other words, the most important engine for the mines and industries (Bazant, 1950).

tivos de la época prehispánica fueron el maíz, frijol y chile, así como el algodón de Heutlapan, más tarde, Santa Ana Hueytlapan, Tulancingo de Bravo, Hidalgo (Duhau, 1982). Sin embargo, es difícil establecer para la época prehispánica la calidad agraria de los terrenos productivos, solo es posible saber sobre algunos de los cuidados que se le dedicaban al campo, por ejemplo, en las laderas agrícolas de Tulancingo se levantaban terrazas con bordos dobles para acondicionar un desagüe o *metapantle* para evitar los arrastres del suelo y sacar sin violencia el exceso de agua, las *magueyer*s se colocaban en hileras dobles para formar el lomo y retén de la terraza, y en el *metapantle* se sembraba maíz (Ruvalcaba, 1984).

En cuanto a los *Altepetlalli*, se sabe que eran terrenos agrícolas trabajados por familias sin tierra, funcionaban como arrendamiento, donde el tributo iba a parar fuera de la comunidad. Dichas tierras se escindían en partes en función de los distritos que hubiese en cada pueblo. No podían ser enajenadas bajo concepto alguno, puesto que estaban destinadas a ser trabajadas colectivamente para beneficio y pago de tributo (Arizmendi, 1950).

Luego, en la época colonial, Nueva España hereda el carácter moderno y capitalista de la agricultura europea del trigo y la cebada, por tal razón la plantación azucarera fue una empresa capitalista, también las haciendas de maíz y maguey, pese a su atraso técnico, eran una empresa capitalista, tanto en organización como en espíritu, por lo que tales

Cortés brought grains, seeds and plants from Spain and the Antilles and introduced them into the Mesoamerican territory through the Pánuco, Veracruz and Acapulco ports, from that point, their acclimatization and expansion began. Before 1530, coarse cereals were cultivated for self-consumption. However, during the two first audiences, the industrial plant and fruit imports such as mulberry for silk and sugar cane, were emphasized. At the same time, the necessary steps were taken to begin the massive breeding of mules, horses, and cattle (Ruvalcaba, 1984).

Antonio de Mendoza and Luis de Velasco asked for more genetic material in considerable proportions. In the Valle de Irolo, Hidalgo, and in Toluca, before 1540, marking animals was a tradition (Ruvalcaba, 1984). At the end of the sixteenth century in Tacuba, 3 000 mules carrying firewood and maize from the Valle de Toluca, at the beginning of the nineteenth century, 70 000 pack mules, were used as transportation only for the Mexico-Veracruz route (Bazant, 1950).

The foundation of Puebla, in 1532 and Celaya, in 1570 was motivated by the momentum of the agricultural colonization of wheat to attend the mining market of Guanajuato, Zacatecas, Taxco, Real del Monte and San Luis. Likewise, El Bajío and the Valles de Aguascalientes became the granary of Zacatecas, while the north mining region began to be settled during the middle of the sixteenth century, and at the beginning received agricultural products from distant places such as Guadalajara. The agricultural trade was as massive than Felipe II imposed a tariff (alcabala) of 2 % in 1575 for introducing goods from one region to another (Duhau, 1982). While one of the first rice plantations was developed on the lower part of the Tepalcatepec River, Michoacán as of 1690 (Pureco and García, 2018).

In 1793 the Vice-royal authorities, in face of the proliferation of clandestine leases, ordered to remove collective cement plants established since 1572, this action disturbed property owners, principally those from the Valle de Toluca. The Crown pretended to directly lease community lands that *criollos* and vassals indirectly leased, and thus, ensure that the product of these was delivered in monetary to the Banco de San Carlos, for example, in 1781, an order was that private brotherhoods must pay one peso per livestock head owned by them that grazing no

cultivos tenían rasgos capitalistas, considérese que enormes cantidades de maíz eran consumidas por bestias de carga y de tiro, el medio de transporte más importante de esa época, dígase el motor más importante en las minas y las industrias (Bazant, 1950).

Cortés trajo desde España y las Antillas granos, semillas, plantas, las introdujo al territorio mesoamericano por los puertos de Pánuco, Veracruz y Acapulco, desde allí se inició su aclimatación y expansión. Antes de 1530 ya se cultivaban cereales menores para autoconsumo. Empero, durante las dos primeras audiencias se puso énfasis en la importación de frutales y plantas industriales como la morera, para la seda, y la caña de azúcar. Al mismo tiempo se dieron los pasos necesarios para iniciar la cría masiva de mulas, caballos y vacunos (Ruvalcaba, 1984).

Antonio de Mendoza y Luis de Velasco mandaron traer más material genético en proporciones considerables. En el Valle de Irolo, Hidalgo, y en Toluca, antes de 1540 se celebraba la marca de animales (Ruvalcaba, 1984). A fines del siglo XVI había en Tacuba 3 000 mulas que traían leña y maíz del Valle de Toluca, a comienzos del siglo XIX, 70 000 mulas de carga proporcionaban el servicio de transporte tan solo en la ruta México-Veracruz (Bazant, 1950).

La fundación tanto de Puebla en 1532, como de Celaya en 1570 fue motivada por el impulso a la colonización agrícola del trigo para atender el mercado minero de Guanajuato, Zacatecas, Taxco, Real del Monte y San Luis. Asimismo, El Bajío y los Valles de Aguascalientes se convirtieron en el granero de Zacatecas, mientras que la zona minera del norte comenzó a poblarse a mediados del siglo XVI, y recibía al principio los productos agrícolas de lugares tan alejados como Guadalajara. Era tan enorme el tráfico agropecuario que Felipe II impuso en 1575 un arancel (alcabala) del 2 % por la introducción de las mercancías de una región a otra (Duhau, 1982). Mientras que una de las primeras siembras de arroz se dio en los bajos del río Tepalcatepec, Michoacán a partir de 1690 (Pureco y García, 2018).

En 1793 las autoridades virreinales, ante la proliferación de arrendamientos clandestinos, mandaron suprimir las sementeras colectivas establecidas desde 1572, tal acción causó malestar entre los arrendadores, principalmente los del

community lands, because those individuals should pay a rent for this usufruct when profiteering from the community goods (Menegus, 1999).

At the end of the eighteenth century, the 11 divisions of the New Spain collected 188 027 pesos, however, when the Bourbon reforms were extended to the arable lands of the *haciendas*, that since 1782 have invested big amounts of money in irrigation works to transform the vast summer pastures into productive agricultural fields (Menegus, 1999), several *criollo* groups thought this measure was unfair, for this, they promote the *criollo* nationalism of New Spain and the real feasibility of becoming independent. In this way, the landowners decided the territorial agricultural configuration for the next century, which is the reason the irrigation works before 1910, were practically the product of private initiative (Soto, 2003), which, until that year, could irrigate 1.7 million hectares (Cerutti, 2015).

From a different angle, as of 1821, the *haciendas* increased their surfaces, such a fact was accelerated with the law of June 25, 1856, a liberal era that took advantage of the disentanglement of communal lands (ecclesiastical and Indigenous) and the alienation of waste lands. After losing the north territory, between 1875 and 1883, authorities began a new wave of waste land alienation, despite the maximum of 2 500 ha to be taken, in less than ten years, large areas especially frontier areas, passed into the hands of speculators, the most scandalous cases were recorded in Baja California, Sonora and Chihuahua.

In 1894, the extension of land to be taken became unlimited, abolishing the obligation to colonize it. Until 1909, the alienation of more than 5 000 hectares by a single person, was forbidden. By 1910, 40 million hectares of waste lands had been alienated (20 % of the national territory) in Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas, Tamaulipas, Campeche, Yucatán, and Chiapas. The waste land policy mainly favored foreign speculators and to a regular number of Mexican politicians and military. In general, in 1910, due to 500 thousand square kilometers of those lands belonged to foreigners, these were used for export agriculture and livestock. Finally, in the southeast, *haciendas* continue working with export agriculture of henequen, coffee, and tobacco (González, 1969).

Valle de Toluca. La corona pretendía arrendar directamente las tierras comunales, que criollos y vasallos arrendaban indirectamente, y así lograr que el producto de estas se entregara en monetario, al Banco de San Carlos, por ejemplo, en 1781 se ordenó que las cofradías privadas pagasen un peso por cada cabeza de ganado de su propiedad que pastase en tierras de comunidad, pues, los particulares al lucrar con los bienes comunes debían pagar una renta por dicho usufructo (Menegus, 1999).

A fines del siglo XVIII, las 11 intendencias de Nueva España recaudaron 188 027 pesos, sin embargo, cuando las reformas borbónicas se hicieron extensivas a las tierras de labor de las haciendas, que desde 1782 habían invertido cuantiosos capitales en obras de irrigación para transformar las vastas tierras de agostadero en campos agrícolas productivos (Menegus, 1999), varios grupos de criollos consideraron injusta dicha medida, por lo que fomentaron el nacionalismo criollo novohispano y la factibilidad real de independizarse. De ese modo los hacendados decidieron la configuración agrícola territorial del siglo entrante, por eso las obras de riego antes de 1910, prácticamente fueron producto de la iniciativa privada (Soto, 2003), la cual, hasta ese año, logró irrigar 1.7 millones de hectáreas (Cerutti, 2015).

Desde otro ángulo, a partir de 1821 las haciendas aumentaron sus superficies, tal hecho se aceleró con la ley del 25 de junio de 1856, época liberal que aprovechó la desamortización de las tierras comunales (eclesiásticas e indígenas) y la enajenación de los baldíos. Tras perder el territorio del norte, entre 1875 y 1883 las autoridades iniciaron una nueva oleada de enajenación de tierras baldías, pese al máximo adjudicable de 2 500 ha, en menos de diez años grandes extensiones, especialmente fronterizas, pasaron a poder de especuladores, los casos más escandalosos se registraron en Baja California, Sonora y Chihuahua.

En 1894 se hizo ilimitada la extensión de la tierra adjudicable, suprimiendo la obligación de colonizarla. Hasta 1909 se prohibió la enajenación de más de 5 000 hectáreas a una sola persona. Para 1910 se habían enajenado 40 millones de hectáreas de tierras baldías (20 % del territorio nacional) en Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila,

In 1923, Obregón deemed necessary the U.S. financial intervention to rebuild the Mexican economy, for this, the Bucareli Treaty was signed, it was agreed that: agricultural properties expropriated from North Americans, would be paid in cash or bonds. The sentences obligated the Mexican government to pay 40 million dollar (Gómez, 1990), in addition to accept the foreign pressure within the agricultural policy, for example, the Supreme Court of Justice determined that the Article 27 it would not be retroactive in the part corresponding to the oil and agricultural issues.

In this way, the twentieth century began with the North American intervention within the Mexican agricultural policy, which survived throughout the century, that is why the Rockefeller Foundation, the Agriculture Research Centre, Henry A. Wallace Beltsville, the Carnation Company, the Ralston Purina Company and the Unión Ganadera de Chihuahua reformulated the Mexican agriculture, guided the course of the Mexican agricultural needs towards livestock and poultry, for example, in 1949, the Rockefeller Foundation promoted the creation of six private agricultural universities to research the technical control of nature, for this, it invested 150 000 dollars (1.5 million in 2022) for scholarships, all this to achieve its intervention in 21 Mexican agricultural policies in 1956, in this way it succeeded in ensuring the agricultural monopoly (Jennings, 1988).

For this, it is not unusual that in 1910, with five thousand indigenous peoples (from which only 4 % still had their property), five thousand ranches and 410 thousand peasants (González, 1969), the Mexican Revolution, promote the agricultural activity development through the Capitalism [Banco Nacional de Crédito Agrícola, Banco de Crédito Ejidal and Banco Agrícola Industrial], with the construction of large dams between 1934 and 1945, underestimating that the cultural forms, mainly the consumption patterns and the gastronomy of deep Mexico, would limit its emergence (Esteve, 1975).

In 1930, there were 123 million hectares of non-*ejidal* agricultural surface (61.5 % of the national surface), from which, more than 56.5 % were not exploited, due to the 79.6 % of them, were owned by managers and there were only less than 30 thousand

Nuevo León, Durango, Zacatecas, Tamaulipas, Campeche, Yucatán y Chiapas. La política de baldíos favoreció principalmente a los especuladores extranjeros y a un regular número de militares y políticos mexicanos. En general, en 1910 debido a que 500 mil kilómetros cuadrados de dichas tierras pertenecían a extranjeros, estas se utilizaron para la ganadería y la agricultura de exportación. Por último, en el sureste las haciendas continuaron dedicándose a la agricultura de exportación de henequén, café y tabaco (González, 1969).

En 1923, Obregón consideró necesaria la intervención financiera estadounidense para reconstruir la economía de México, para ello firmó el Tratado de Bucareli con lo cual se acordó que: las propiedades agrícolas expropiadas a estadounidenses se pagarían de contado o en bonos. Las sentencias obligaron al gobierno mexicano a pagar 40 millones de dólares (Gómez, 1990), además de aceptar la presión extranjera dentro de la política agrícola, por ejemplo, la Suprema Corte de Justicia determinó que el artículo 27 no sería retroactivo en la parte correspondiente a la cuestión petrolera y agrícola.

De ese modo, el siglo XX inicia con la intervención estadounidense dentro de la política agropecuaria de México, la cual atravesó todo ese siglo, de allí que, la Fundación Rockefeller, el Centro de Investigación Agrícola, Henry A. Wallace Beltsville, la Carnation Company, la Ralston Purina Company y la Unión Ganadera de Chihuahua reformularon la agricultura en México, orientaron el curso de las necesidades agrícolas mexicanas hacia la ganadería y las aves de corral, por ejemplo, la Fundación Rockefeller en 1949 promovió la creación de seis universidades agrícolas privadas para investigar el control técnico de la naturaleza, para ello invirtió 150 000 dólares (1.5 millones al 2022) en becas, todo ello para lograr en 1956 su intervención en 21 políticas agrícolas mexicanas, de ese modo logró asegurar el monopolio agropecuario (Jennings, 1988).

Por ello, no es extraño que, en 1910 con cinco mil pueblos de indios (de los cuales solo 4 % aún conservaba sus propiedades), cinco mil ranchos y 410 mil agricultores (González, 1969), la Revolución Mexicana, promoviera el desarrollo de la actividad agrícola por la vía capitalista [Banco Nacional de Crédito Agrícola, Banco de Crédito Ejidal y Banco

tenants, which, in 1940, only the 4.8 % of them worked, that is the equivalent of six million hectares (González, 1969), with a population of 3.6 million people working in agricultural tasks (Puente, 1971). Indeed, the Mexican agriculture development was regionally concentrated in a few locations and states, and it was focused on certain cash crops: wheat, cotton, sorghum, strawberry, tomato, and oilseeds (Esteva, 1975). In Tlaxcala and Aguascalientes, around 1930, 25 % of workers were tenants (Bazant, 1950). In that year, an agricultural worker was in charge of growing 1.98 hectares, while in 1950 this coefficient increased to 2.17 hectares (Puente, 1971).

While in 1950, the 10.5 % of the owners and producers of private venues of more than five hectares, contributed with the 54 % of the production value. From 1952 to 1956 the agricultural production volume increased at a rate of 6.5% per year, and 8.2 % from 1960 to 1965. The harvested area expanded 1.9 % per year during that period, while the fertilized surface went from 4.8 % in 1950 to almost 40 % in 1970 compared with the harvested surface. The agricultural export value increased 10.1 % per year from 1960 to 1965 (Esteva, 1975).

In 1960, a little more than 3 % of latifundiums had 43 % of arable land and the 54 % of the total agricultural product yielded (Esteva, 1975). The latifundiums from the north, with 35 thousand irrigable hectares, contributed with the 1 % of the national agricultural production value, latifundiums from the south, with 270 thousand rainfed hectares contributed with the 1 % of this value, while small farms, with 180 thousand hectares of rainfed lands, contributed with the 1 %. In this regard, it was concluded that the smallholder and the *ejidatario* produced little per capita because they worked with extremely poor and limited resources (Puente, 1971).

It is true that from the beginning of the 1980s, the 60 % of the national territory belonged to less than three thousand oligarchic families; 13 % to 20 thousand middle-class families; 22 % of national surface was owned by more than 100 thousand *ejidal* families. In other words, less than 10 % of the total population of the country owned 95 % of the national territory (Coll, 1985). From another interpretation, peoples, and ranches of Distrito Federal, Hidalgo, Tlaxcala, Morelos, and Oaxaca that represented half

Agrícola Industrial], a través de la construcción de grandes presas entre 1934 y 1945, subestimando que las formas culturales, principalmente los patrones de consumo y la gastronomía, del México profundo, limitarían su despunte (Esteva, 1975).

En 1930 había 123 millones de hectáreas de superficie agrícola no ejidal (61.5 % de la superficie nacional), de las cuales más del 56.5 % no se explotaba, debido a que el 79.6 % de ellas estaba en manos de jefes de explotación y solo existían menos de 30 mil arrendatarios, los cuales, en 1940, trabajaban solo el 4.8 % de ellas, equivalente a seis millones de hectáreas (González, 1969), mediante una población de 3.6 millones de personas ocupadas en tareas agrícolas (Puente, 1971). En efecto, el desarrollo de la agricultura mexicana se concentró regionalmente, en unas cuantas localidades y entidades federativas, y se orientó a ciertos cultivos comerciales: trigo, algodón, sorgo, fresa, tomate y oleaginosas (Esteva, 1975). En Tlaxcala y Aguascalientes, hacia 1930, el 25 % de los trabajadores eran arrendatarios (Bazant, 1950). En ese año un trabajador agrícola se encargaba de cultivar 1.98 hectáreas, mientras que para 1950 dicho coeficiente pasó a 2.17 hectáreas (Puente, 1971).

Mientras que, en 1950, el 10.5 % de los productores propietarios de predios privados de más de cinco hectáreas aportaban el 54 % del valor de la producción; de 1952 a 1956 el volumen de la producción agrícola aumentó a una tasa de 6.5 % anual, y de 8.2 % de 1960 a 1965. El área cosechada, creció en ese lapso solo 1.9 % anual, en tanto que la superficie fertilizada pasó del 4.8 % en 1950 a casi el 40 % en 1970 respecto a la superficie cosechada. Y el valor de las exportaciones agropecuarias aumentó 10.1 % anual de 1960 a 1965 (Esteva, 1975).

Para 1960, poco más de 3 % de los latifundios poseía 43 % de la tierra arable y rendía el 54 % del producto agrícola total (Esteva, 1975). Los latifundios del norte, con 35 mil hectáreas de riego contribuían con el 1 % del valor de la producción agrícola nacional, los latifundios del sur, con 270 mil hectáreas de temporal contribuían con el 1 % de dicho valor, mientras que los minifundios, con 180 mil hectáreas de temporal contribuían con el 1 %. A este respecto se concluía que el minifundista y el *ejidatario* producían poco per cápita porque trabajaban con muy pobres y limitados recursos (Puente, 1971).

of the localities at the beginning of the 20th century, decreased to a fifth in 1960 (González, 1969).

In economic terms, from 1930 to 1960, Mexico had reached a fast and sustained agricultural development (Puente, 1971), thanks to the fact that the 20 % of the total public investment from 1946 to 1950, was aimed at agricultural works, mainly irrigation systems (Esteve, 1975). If we consider the transportation and communication works used to boost the agricultural infrastructure, this investment of the public sector exceeded the 50 % (Cerutti, 2015).

Simultaneously, in 1960, the agricultural reform had distributed the 25 % of the national surface, but it had not distributed the elements in equal proportions, such as the water, and technical knowledge that intensify the harvest of the land, which was the result of a dual agricultural system, characterized by the coexistence of a small sector of privileged farmers with access to all technological and credit facilities (Puente, 1971). For example, since 1953, with the guaranteed price fixing, the federal government subsidized the large farmers with fertilizers (Esteve, 1975). In the same way, the land distribution among *ejidatarios* was unequally distributed, for example, the 54 % of *ejidos* had the 93 % of the *ejidal* lands (Coll, 1985). All this, while another large sector with 12 million people or impoverished peasants, who, in the 1960s, survived with less than two pesos per day, in that time, the equivalent to 15 cent on the dollar (Puente, 1971). Except for the failed Plan Nacional de Pequeña Irrigación, there was never any investment for the multiplication of spending on "welfare" for rural communities, which were already at unsustainable employment and income levels (Esteve, 1975).

It is important to point out that the traditional peasants got from their plots a part of the food they needed to survive, although to a lesser degree. For this, they could accept salaries lower than the subsistence minimum when they were recruited as day laborers in the high productivity enclaves, even in some groups such as those of the sugar harvest, the work conditions were completely miserable. Other studies show that the 25 % of farmers did not receive any credit and the 50 % remained in the hands of non-institutional financing. Likewise, from 1947 to 1968, of the total lands given to *ejidatarios*, less than 1.5 % were irrigated lands. In that period,

Ciertamente, desde el comienzo de la década de 1980, el 60 % del territorio nacional le pertenece a menos de tres mil familias oligárquicas; 13 % a 20 mil familias de clase media; 22 % de superficie nacional la detentan más de 100 mil familias ejidales. En otras palabras, menos del 10 % de la población total del país son dueños del 95 % del territorio nacional (Coll, 1985). Desde otra interpretación, los pueblos y rancherías del Distrito Federal, Hidalgo, Tlaxcala, Morelos y Oaxaca que representaban la mitad de las localidades a comienzos del siglo XX, disminuyeron a la quinta parte en 1960 (González, 1969).

En términos económicos, de 1930 a 1960, México había logrado un desarrollo agrícola rápido y sostenido (Puente, 1971), gracias a que el 20 % de la inversión pública total de 1946 a 1950 fue para obra agrícola, sistemas de riego principalmente (Esteve, 1975). Si se consideran las obras de transportes y comunicaciones que se usaron para impulsar la infraestructura agrícola, dicha inversión del sector público superó el 50 % (Cerutti, 2015).

Simultáneamente, para 1960 la reforma agraria había distribuido el 25 % de la superficie nacional, pero no había distribuido en igual proporción los elementos, que, como el agua y los conocimientos técnicos, intensifican el cultivo de la tierra, tal hecho fue producto de un sistema agrícola dual, caracterizado por la coexistencia de un pequeño sector de agricultores privilegiados con acceso a todas las facilidades tecnológicas y crediticias (Puente, 1971). Por ejemplo, desde 1953, con la fijación de precios de garantía, el gobierno federal subsidió con fertilizantes a grandes productores (Esteve, 1975). También, la distribución de la tierra entre *ejidatarios* quedó distribuida de forma desigual, por ejemplo, el 54 % de los *ejidos* disponían del 93 % de la tierra *ejidal* (Coll, 1985). Todo eso, mientras que otro gran sector de 12 millones de personas o campesinos pauperizados, que, en la década de 1960, vivían con menos de dos pesos por día, para la época, equivalente a 15 centavos de dólar (Puente, 1971). Con excepción del malogrado Plan Nacional de Pequeña Irrigación, jamás se invirtió en multiplicar el gasto en "bienestar" para las comunidades rurales, que se encontraban ya a niveles insostenibles de ocupación e ingreso (Esteve, 1975).

Es útil señalar que los campesinos tradicionales

the percentages of the non-arable land distribution to *ejidatarios*, on average, exceeded 80.3 % (Esteve, 1975).

It is important to remember that in 1968, the Secretariat for water resources, said that in the irrigation system of the Sanalona dam, Culiacán, 33 % of the *ejidal* plots were rented, as well as the 35 % of the small properties, so, in the López Mateos dam, Badiraguato, the 90 % of the *ejidal* lands were rented, while in the Valle del Yaqui, Sonora, the lease was present in the 63 % of the *ejidal* agricultural lands. In 1974, these speculative maneuvers caused the import payment for the following seeds: maize, 2 460 million pesos; grain sorghum, 801 million; bean, 301 million; wheat, 2 361 million; rice, 335 million; barley, 334, and soybeans, 1 235 million pesos (Soto, 2003).

The historical reality, unquestionably, has demonstrated that the surpluses of this policy were practically the product of the agricultural frontier expansion in northwestern and northern Mexico. The economic revenue of these agricultural enclaves was used to induce the agribusiness aegis and achieve political purposes (Jennings, 1988). That is why this export commercial agriculture is a myth in a certain manner, because the State has selectively and generously subsidized it for more than a century with infrastructure works, water, fertilizers, and credits (Soto, 2003).

Even though Sauer warned the Scientifics of the Rockefeller Foundation that the efforts to change the eating habits, and the consumption patterns related to maize and other ancient crops were a mistake, because this led to the destruction of the Mexican biomes, and that wheat and barley were inadequate crops for ecology, agronomy and Mexican diet, those Scientifics and technocrats continue working without considering the disappearance and extinction of thousands of biotic varieties of the national context. In fact, several agronomists, including Norman Borlaug, denied that the extensive farming caused negative ecological consequences, minimized the cultural changes produced by the farming in Mexican homes, denied the severe soil erosion caused by the overgrazing, knowing that large areas of the Mexican territory are mountainous (Jennings, 1988).

That is why, since 1950, the MAP promoted maize as cattle feed, it is important to point out that this forage crops production was contemplated more to

obtenían de sus parcelas, aunque fuese en mínima escala, una parte de los alimentos que necesitaban para sobrevivir. Por ello, podían aceptar salarios inferiores al mínimo de subsistencia al contratarse como jornaleros en los enclaves de alta productividad, incluso en algunos grupos, como los de la zafra azucarera, las condiciones de trabajo resultaban enteramente infrahumanas. Otros estudios demuestran que el 25 % de los productores no recibieron crédito alguno y el 50 % quedó en manos del financiamiento no institucional. Asimismo, de 1947 a 1968, del total de tierras entregadas a *ejidatarios*, menos del 1.5 % fueron de riego. En ese mismo período, los porcentajes correspondientes al reparto de tierras no laborables a *ejidatarios*, en promedio, fueron superiores al 80.3 % (Esteve, 1975).

Es preciso recordar que en 1968 la Secretaría de Recursos Hidráulicos, reveló que, en el sistema de riego de la presa Sanalona, Culiacán, 33 % de las parcelas *ejidales* se rentaban; al igual que 35 % de las pequeñas propiedades, de igual modo, en la presa López Mateos, Badiraguato, el 90 % de las tierras *ejidales* se rentaban, en tanto que, en el Valle del Yaqui, Sonora, el arriendo se daba en el 63 % de las tierras de cultivo *ejidales*. Esas maniobras especulativas hicieron que en 1974 se pagara por importar las siguientes semillas: maíz, 2 460 millones de pesos; sorgo en grano, 801 millones; frijol, 301 millones; trigo, 2 361 millones; arroz, 335 millones; cebada, 334, y semilla de soya, 1 235 millones de pesos (Soto, 2003).

La realidad histórica, incuestionablemente, ha demostrado que los excedentes de dicha política fueron prácticamente producto de la expansión de la frontera agrícola en el noroeste y norte de México. La derrama económica de esos enclaves agrícolas sirvió para inducir a la égida agroempresarial y lograr fines políticos (Jennings, 1988). Por eso dicha agricultura comercial de exportación en cierta forma es un mito, puesto que el Estado la ha subsidiado selectiva y generosamente por más de un siglo con obras de infraestructura, agua, fertilizantes y créditos (Soto, 2003).

Pese a que Sauer, les advirtió a los científicos de la fundación Rockefeller que los intentos de cambiar los hábitos alimentarios, y los patrones de consumo ligados al maíz y a otros cultivos ancestrales, era un

deal with eventualities derived from a latent third war in Europe or the Pacific than the real needs of Mexicans. In fact, the postponement of war produced surplus meat that is why livestock owners looked for market niches in markets, orphanages, and schools, for this purpose, in 1955, the Rockefeller Foundation supported the creation of industrial bakers (Jennings, 1988). Another agricultural policy of 1970 was focused on training peasants to understand marketing and industrialization of their products, through the coordination of productive wellbeing chains, an iconic example was the rural wineries of the National Company for Subsidies for the Population (CONASUPO by its acronym in Spanish), with this, research aimed at achieving advances in rainfed agriculture was practically abandoned. (Esteva, 1975).

In such a manner that, to date, Mexico does not have a map of the agricultural frontier per degree slope at national scale that helps to specify the speculations of the World Bank, fixed in 106'236 000 hectares of agricultural lands that have been proclaiming since 1983 (World Bank Group, 2020). On his part, Bassols (1991) points out that the maximum limit of the Mexican agricultural frontier does not exceed 62'970 145 hectares, from which, the slope degree is uncertain. In this regard, Table 2 shows the historical evolution of the agricultural frontier.

Study area

It is the complete continental surface of the Mexican Republic, this is, 1'960 189 km² (INEGI, 2017), in which there are 33 million hectares corresponding to the agricultural frontier, these hectares have been grouped by the Agri-food and Fisheries Information Service (SIAP) by using 360 thousand agricultural polygons, 312 thousand corresponding to rainfed polygons and 48 thousand to irrigated polygons (SIAP, 2014). In hypsometrical terms, these polygons are crossed by slope cells with resolution of 1 km², those sets of cells were intersected with the vector data to calculate the slope degree per agricultural land type, with this, it is sought to define the hypsometric specificities of relief and the Mexican agriculture, whose methodology is explained below.

error, puesto que, eso conllevaba a la destrucción de los biomas de México, y que el trigo y la cebada eran cultivos inadecuados para la ecología, la agronomía y la dieta mexicana. Tales científicos y tecnócratas continuaron trabajando sin tener en cuenta la desaparición y extinción de miles de variedades bióticas del contexto nacional. De hecho, varios agrónomos, incluido Norman Borlaug, negaron que la ganadería extensiva causara consecuencias ecológicas negativas, minimizaron los cambios culturales, que iba produciendo la ganadería, en los hogares mexicanos, negaron la grave erosión de suelo que iniciaba el pastoreo excesivo, a sabiendas que extensas áreas del territorio mexicano es montañoso (Jennings, 1988).

De allí que, desde 1950 el MAP promoviera el maíz como alimento para ganado, es importante señalar que dicha producción de cultivos forrajeros estaba más contemplada para atender las eventualidades derivadas por una latente tercera guerra en Europa o el Pacífico que las necesidades reales de los mexicanos. De hecho, la postergación de la guerra produjo un excedente de carne, por lo que los ganaderos buscaron nichos de mercado en cárceles; orfanatos y escuelas, para ese fin, 1955 la fundación Rockefeller apoyó la creación de panificadoras industriales (Jennings, 1988). Otra política agraria de los años 1970 se centró en capacitar a los campesinos hacia el entendimiento de la comercialización e industrialización de sus productos, mediante la coordinación de cadenas de bienestar productivo, ejemplo icónico fueron las bodegas rurales de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), con ello se dejó prácticamente en el abandono a la investigación orientada a lograr avances en la agricultura de temporal (Esteva, 1975).

De tal suerte que, hasta la fecha, México no cuenta con un mapa de la frontera agrícola por grado de pendiente a escala nacional que ayude a precisar las especulaciones del Banco Mundial fijadas en 106'236 000 de hectáreas de tierras agrícolas que desde 1983 viene pregonando (World Bank Group, 2020).

Por su parte, Bassols (1991) señala que el límite máximo de la frontera agrícola de México no supera los 62'970 145 de hectáreas, de las cuales, no se sabe, a ciencia cierta el grado de pendiente. Al respecto, el Cuadro 2 indica históricamente la evolución de la frontera agrícola.

Table 2. Agricultural frontier of Mexico in million hectares.
Cuadro 2. Frontera agrícola de México en millones de hectáreas

Year / Año	Year / Año	Year / Año	Year / Año	Million hectares / Hectáreas en millones
1877	1906	1972	1987	
1892	1907	1973	1988	
1893	1910	1974	1989	
1894	1920	1975	1990	
1895	1925	1976	1991	< to 6
1896	1930	1977	1992	6.1 to 10
1897	1935	1978	1993	10.1 to 14
1898	1940	1979	1994	14.1 to 16
1899	1945	1980	1995	> to 16
1900	1950	1981	1996	
1901	1955	1982	1997	
1902	1960	1983	1998	
1903	1965	1984	1999	
1904	1970	1985	2000	
1905	1971	1986		

Source: Own elaboration based on: Wick, 1933, Coatsworth, 1976, Sujo, 1989, CEFP, 2001.

Fuente: Elaboración propia con base en: Wick, 1933, Coatsworth, 1976, Sujo, 1989, CEFP, 2001

Methodological approach

In this study, a spatial intersection analysis was applied among the 360 thousand polygons in km of the SIAP (2014) and the two million cells of the slope map, with a resolution of 1 km², elaborated by Lugo, et al., (1990), this analysis could be developed with slope data with resolution of up to 225 m² in a few years, for the moment, for the national geographic

Área de estudio

Es toda la superficie continental de la República Mexicana, es decir, 1'960 189 km² (INEGI, 2017), dentro de ella se alojan de forma difusa 33 millones de hectáreas correspondientes a la frontera agrícola, dichas hectáreas el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) las ha agrupado mediante 360 mil polígonos agrícolas, 312 mil correspondientes a

analysis scale proposed and the objectives of this study, the resolution used is considered acceptable.

One of the main spatial analysis tools is the debugging by intersection, with this, the geometric confluence of any type of topologies and quantity of layers or entities, is calculated. All entities, layers or geometries, or their portions, common to all vector layers involved in spatial analysis, intersected, will create a new output layer, which will have the statistical information produced by the intersection in a new type of layer or entity. Thus, the output polygon layer is that where a polygon of one of the classes of an input layer intersects another polygon of another class of input layer.

Its mathematical expression is based on the Boolean algebra, in which the values of variables are assumed as truth and false real values, generally are denoted by 1 and 0, respectively. The main operations of this algebra are conjunction (\wedge), logical conjunction (\wedge), disjunction (\vee), logical disjunction (\vee), negation (no) and logical negation (\neg). The operations of the spatial analysis by intersection in this study began from the consideration of a logical conjunction (\wedge), divided by the vector layer of the agricultural frontier vs. the vector layer of the type of terrain slope.

It reminds that the determination of the discretionary geomorphological criterion of 6° of slope for the four types of the resulting agricultural areas, were considered the seven classes of slopes usually used by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (Günther, et al., 2000). In this way, the agricultural areas from 0 to 6° of slope, cover land areas such as valleys, coastal plains, alluvial plains, as well as exceptionally soft hills near the foot of the mountain typical of the agricultural rainfed regions. While the agricultural areas greater than 6° of slope correspond to lower slopes located in the lower section of a hillside and to upper slopes located in the upper part of a hillside or on a fluvial terrace, usually on high rough mountain chains, Bolaños et al., (2016).

Results and discussion

With the advent of digital elevation models since the beginning of the twenty-first century, it was possible to know on average the slope degree of the Mexi-

polígonos de temporal y 48 mil a polígonos de riego (SIAP, 2014). En términos hipsométricos, dichos polígonos son atravesados por celdas de pendiente con resolución de 1 km^2 , estos conjuntos de celdas se intersectaron con los datos vectoriales para calcular el grado de pendiente por tipo de tierra de cultivo, con ello se intenta definir las especificidades hipsométricas del relieve y la agricultura mexicana, cuya metodología se explica a continuación.

Enfoque metodológico

En esta investigación se practicó un análisis de intersección espacial entre los 360 mil polígonos en km del SIAP (2014) y los dos millones de celdas del mapa de pendientes, con una resolución de 1 km^2 , elaborado por Lugo, et al., (1990), dicho análisis en pocos años podrá realizarse con datos de pendiente con una resolución de hasta 225 m^2 , por el momento para la escala de análisis geográfico nacional propuesto y los objetivos de la presente investigación, la resolución trabajada se considera bastante aceptable.

Una de las herramientas fundamentales del análisis espacial es la depuración por intersección, con la cual se calcula la confluencia geométrica de cualquier tipo de topologías y cantidad de capas o entidades. Todas las entidades, capas o geometrías, o la porción de estas, comunes a todas las capas vectoriales involucradas en el análisis espacial, que se intersecten, generarán una nueva capa de salida, la cual contendrá la información estadística producto de la intersección en una nueva clase de capa o entidad. Así, la capa de polígono de salida es aquella donde un polígono de una de las clases de una capa de entrada interseca a otro polígono de otra clase de capa de entrada.

Su expresión matemática se sustenta en el álgebra booleana, en la que los valores de las variables se asumen como valores de verdad verdadera y falsa, generalmente se denotan mediante 1 y 0 respectivamente. Las principales operaciones de esta álgebra son: conjunción (\wedge), conjunción lógica (\wedge), disyunción (\vee), disyunción lógica (\vee), negación (no) y negación lógica (\neg). Las operaciones del análisis espacial por intersección en esta investigación partieron de la consideración de una conjunción lógica (\wedge), entre la capa vectorial de la frontera agrícola vs la capa vectorial de tipo de pendiente del terreno.

Queda agregar que la determinación del criterio

can relief, nowadays, it has been possible to model the specificity of the slope degree until 0.0001 %, in a few years it will be probable to compute the slope degree of the Mexican territory up to 0.4% by means of cells with a resolution of 15 x 15 metros. However, the quantity represented by that current 0.0001 % is about more than two million pixels that were screened with 360 thousand heterogeneous agricultural frontier polygons.

According to the SIAP (2014), in the Mexican territory, there are about 204 094 km² of rainfed lands aimed at agriculture (68.7 % of the agricultural frontier in the country); and 92 839 km² of irrigated lands (31.3 % of the agricultural frontier). The 296 933 km² that form the agricultural frontier represent the 15.1 % of the total area of Mexico.

Depending on the slope degree, the agricultural frontier could be divided into four categories: a) 98 781 km² are rainfed lands with less than 6° of slope of the terrain, corresponding to the 5.0 % of the total national territory; b) 105 313 km² are rainfed lands with more than 6° of slope, corresponding to the 5.4 % of the terrain; c) 57 869 km² are irrigated lands with less than 6° of slope of the terrain, corresponding to the 3.0 % of the total national territory; and d) 34 968 km² are irrigated lands with more than 6° of slope, which is the 1.8 % of the territory (Figure 1).

However, if we consider the administrative divisions of Mexico, of its 32 states: Tabasco and Veracruz, jointly, represent 18 962.6 km², the most extensive rainfed agricultural area with less than 6° of slope of the terrain; then we have Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí and Zacatecas, thus, they comprise an area of 17 708.1 km²; then, there are Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato and Michoacán that together have 14 949.1 km².

Tamaulipas and Nuevo León, together, have 12 196.8 km² of rainfed agricultural area with less than 6° of slopes of the terrain; three states (Guerrero, Oaxaca, and Chiapas) cover 10 038.7 km²; the rainfed lands with less than 6° of slopes of seven states (Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos, and Mexico City) constitute 12 743.4 km². Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, and Nayarit, as a whole, represent 5 495.6 km²; finally, three states (Campeche, Quin-

geomorfológico discrecional de 6° de pendiente para los cuatro tipos de superficie agrícola resultantes, se tomaron considerando las siete clases de pendiente que habitualmente utiliza la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) (Günther, et al., 2000). De ese modo, las superficies agrícolas de 0 a 6° de pendiente engloban fisiografías tales como: valles, llanuras costeras, zonas de relleno aluvial, así como lomeríos muy suaves cercanos al pie de monte, típicos de regiones agrícolas de temporal. Mientras que las superficies agrícolas mayores a 6° de pendiente se corresponden con declives inferiores situados en la sección baja de una ladera y con declives superiores situados en la parte alta de una ladera o en un banco de terraza, normalmente sobre las sierras altas de tipo escarpado Bolaños et al., (2016).

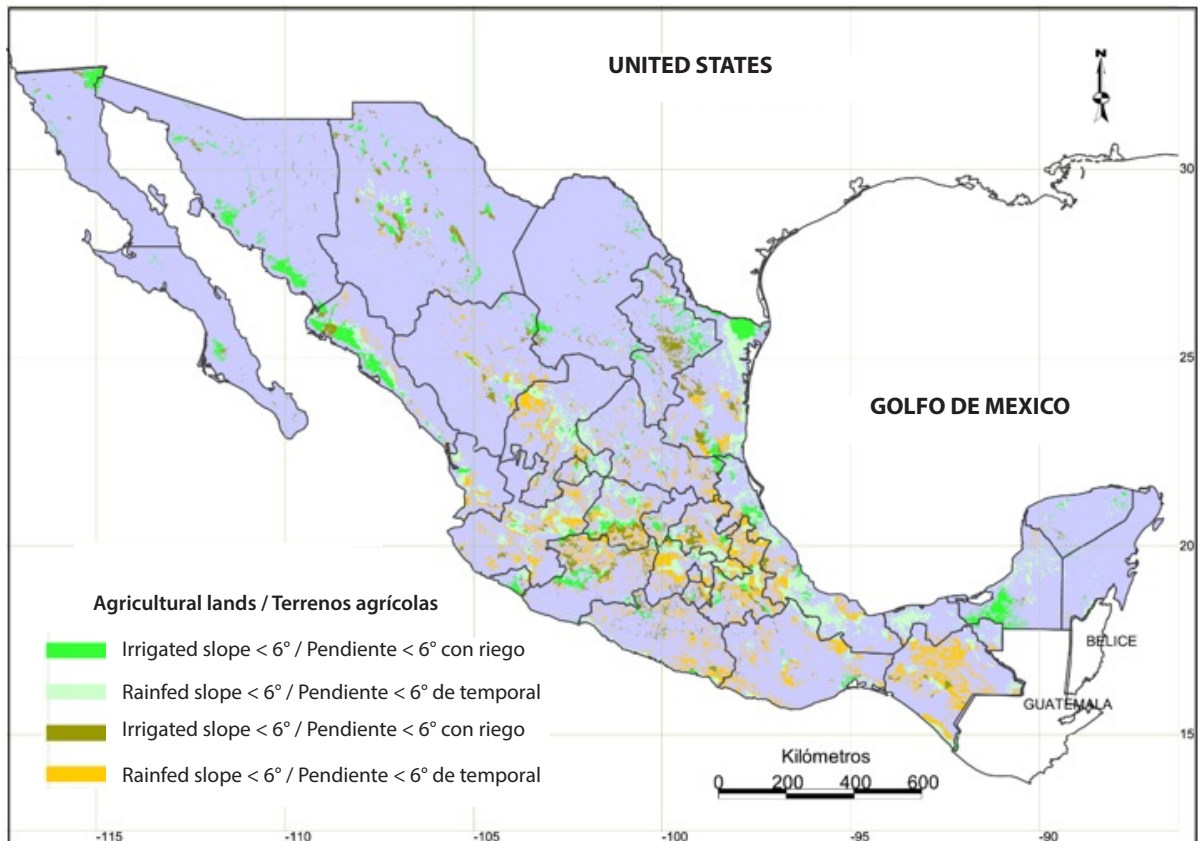
Resultados y discusión

Con el advenimiento de los modelos digitales de elevación desde el comienzo del siglo XXI, se logró conocer en promedio el grado de pendiente del relieve mexicano, actualmente se ha logrado modelar la especificidad del grado de pendiente del relieve mexicano hasta el 0.0001 %, es probable que en unos años se logre computar el grado de pendiente del territorio mexicano hasta en un 0.4 % mediante celdas con resolución de 15 x 15 metros. Sin embargo, la cantidad que representa ese 0.0001 % actual se refiere a más de dos millones de píxeles, los cuales se cribaron con 360 mil polígonos heterogéneos de frontera agrícola.

Conforme al SIAP (2014), en el territorio mexicano existen alrededor de 204 094 km² de tierras de temporal destinadas a la agricultura (68.7 % de la frontera agrícola del país); y 92 839 km² de tierras de riego (31.3 % de la frontera agrícola). Los 296 933 km² que conforman la frontera agrícola representan el 15.1 % del total de la superficie de México.

En función del grado de pendiente, la frontera agrícola se pudo dividir en cuatro categorías: a) 98 781 km² son tierras de temporal con menos de 6° de pendiente en el terreno, correspondiente al 5.0 % del total del territorio nacional; b) 105 313 km² son tierras de temporal con más de 6° de pendiente, correspondiente al 5.4 % del territorio; c) 57 869 km² son tierras de riego con menos de 6° de pendiente en el

Figure 1. Map of the agricultural frontier of Mexico per slope degrees.
Figura 1. Mapa de la frontera agrícola de México por grados de pendiente



Source: Own elaboration based on the SIAP, 2014, Lugo, et al., 1990 /
Fuente: Elaboración propia con base en: SIAP, 2014, Lugo, et al., 1990.

tana Roo and Yucatán) cover 6 686.7 km² of rainfed agricultural lands with less than 6° of slopes of the terrain.

However, Guerrero, Oaxaca and Chiapas, together, represent 31 605.8 km², the largest amount of agricultural land with more than 6° of slope of the terrain; then, there are Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos and Mexico City, because altogether have 20 571.3 km²; then, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí and Zacatecas, represent 17 409.9 km² (Table 3).

Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, and Michoacán collectively, have 20 478.7 km² of rainfed agricultural area with more than 6° of slope of the terrain; two states (Tamaulipas and Nuevo León) cover 5 198.8 km²; the rainfed lands with more than 6° of slope of two states (Tabasco and Veracruz) represent 5 936.3 km². Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, and Nayarit, in conjunction have 3

terreno, correspondiente al 3.0 % del total del territorio nacional; y d) 34 968 km² son tierras de riego con más de 6° de pendiente, o sea 1.8 % del territorio (Figura 1).

Ahora bien, considerando las divisiones administrativas de México, de sus 32 entidades federativas: Tabasco y Veracruz, conjuntamente, son los que presentan 18 962.6 km², la mayor cantidad de superficie agrícola de temporal con menos de 6° de pendiente en el terreno; les siguen Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, pues, entre los cinco cuentan con 17 708.1 km²; luego están Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato y Michoacán que en conjunto poseen 14 949.1 km².

Tamaulipas y Nuevo León, colectivamente, tienen 12 196.8 km² de superficie agrícola de temporal con menos de 6° de pendiente en el terreno; tres estados (Guerrero, Oaxaca y Chiapas) engloban 10 038.7 km²; las tierras de temporal con menos de 6° de pen-

464.3 km²; finally, three states (Campeche, Quintana Roo and Yucatán) cover 647.6 km² of rainfed agricultural lands with more than 6° of slope of the terrain.

To enthrone the results, the following comparisons were conducted: Tabasco and Veracruz, as well as Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí, and Zacatecas have almost the same amount of rainfed agricultural surface with less than 6° of slope of the terrain, however, the first states have a greater pluviometric regimen. On the other side, demographically, it is consistent that the increased extent of rainfed lands with more than 6° of slope of the terrain corresponds to the peasant situation of Guerrero, Oaxaca, and Chiapas.

Regarding the irrigated lands, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa and Nayarit, in conjunction, represent 17 017.2 km², the greatest amount of irrigated agricultural land with less than 6° of slope of the terrain; then, there are Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí and Zacatecas, thus, they have 11 376.9 km²; then, we have Tamaulipas and Nuevo León, that together have 8 677.0 km². Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, and Michoacán collectively, have 7 140.7 km² of irrigated agricultural surface with less than 6° of slope of the terrain.

Campeche, Quintana Roo and Yucatán have 6 381.0 km² of irrigated agricultural land with less than 6° of slope of the terrain, seven states: Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos and Mexico City, cover 3 179.1 km² of irrigated agricultural area with less than 6° of slope of the terrain, likewise, two states (Tabasco and Veracruz) cover 2 586.3 km² of irrigated agricultural land with less than 6° of slope of the terrain, lastly, Guerrero, Oaxaca and Chiapas, jointly have 1 511.1 km².

However, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí and Zacatecas, in conjunction, represent 9 123.1 km², the most extensive irrigated agricultural land with more than 6° of slope of the terrain; then, there are Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato and Michoacán, thus, these states have 8 067.4 km²; then, we have Tamaulipas and Nuevo León, because both have 6 779.3 km². Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos, and Mexico City, cover 3 809.4 km² of irrigated agricultural land with more than 6° of slope of the terrain.

diente de siete entidades (Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos y la Ciudad de México) suman 12 743.4 km². Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit, conjuntamente, presentan 5 495.6 km²; por último, tres estados (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) engloban 6 686.7 km² de superficie agrícola de temporal con menos de 6° de pendiente en el terreno.

Ahora bien, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, conjuntamente, son los que presentan 31 605.8 km², la mayor cantidad de superficie agrícola de temporal con más de 6° de pendiente en el terreno; les siguen Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos y la Ciudad de México, pues, entre los siete cuentan con 20 571.3 km²; luego están Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, entre los cinco cuentan con 17 409.9 km² (Cuadro 3).

Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato y Michoacán colectivamente, tienen 20 478.7 km² de superficie agrícola de temporal con más de 6° de pendiente en el terreno; dos estados (Tamaulipas y Nuevo León) engloban 5 198.8 km²; las tierras de temporal con más de 6° de pendiente de dos entidades (Tabasco y Veracruz) suman 5 936.3 km². Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit, conjuntamente, presentan 3 464.3 km²; por último, tres estados (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) engloban 647.6 km² de superficie agrícola de temporal con más de 6° de pendiente en el terreno.

Para entronizar los resultados se hicieron las siguientes comparaciones: Tabasco y Veracruz, así como Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas tienen casi la misma cantidad de superficie agrícola de temporal con menos de 6° de pendiente en el terreno, sin embargo, los primeros cuentan con un mayor régimen pluviométrico. Por otra parte, demográficamente, es concordante que la mayor extensión de tierra de temporal con más de 6° de pendiente en el terreno se corresponde con la situación campesina de Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Respecto a las tierras de riego, Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit, conjuntamente, son los que presentan 17 017.2 km², la mayor cantidad de superficie agrícola de riego con menos de 6° de pendiente en el terreno; les siguen Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, pues, entre los cinco cuentan con 11 376.9 km²; lue-

Table 3. Irrigated and rainfed state agricultural lands, per slope degree in thousands of hectares.**Cuadro 3. Tierras agrícolas estatales de riego y temporal, por grado de pendiente en miles de hectáreas.**

STATE/ESTADO	Irrigated <6°/ Riego < 6°	Irrigated >6°/ Riego > 6°	Rainfed <6°/ Temporal < 6°	Rainfed > 6°/ Temporal > 6°
Aguascalientes	21	25	82	54
Baja California	202	37	7	3
B. C. Sur	91	24	-	-
Campeche	549	11	371	35
Chiapas	14	81	409	1,548
Chihuahua	535	472	283	155
Coahuila	222	105	47	40
Colima	76	12	58	19
Mexico City	2	1	1	22
Durango	155	158	251	447
México	41	37	386	467
Guanajuato	244	273	398	442
Guerrero	65	224	155	700
Hidalgo	66	131	323	399
Jalisco	86	66	788	875
Michoacán	287	430	169	659
Morelos	16	57	33	76
Nayarit	36	8	219	202
Nuevo León	374	399	234	96
Oaxaca	73	46	439	913
Puebla	117	121	345	887
Querétaro	58	29	38	100
Quintana Roo	16	0	140	17
San Luis Potosí	107	97	383	387
Sinaloa	707	116	321	138
Sonora	665	87	3	4
Tabasco	21	-	439	74
Tamaulipas	494	279	986	424
Tlaxcala	18	6	148	106
Veracruz	238	70	1,457	520
Yucatán	73	16	157	13
Zacatecas	118	81	807	712

Source: Own elaboration based on: SIAP, 2014; Lugo, et al., 1990./Fuente: Elaboración propia con base en: SIAP, 2014; Lugo, et al., 1990.

Guerrero, Oaxaca and Chiapas, in conjunction, have 3 504.1 km² of irrigated agricultural land with more than 6° of slope of the terrain; five states: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa and Nayarit cover 2 716.6 km²; irrigated lands with more

go están Tamaulipas y Nuevo León, que en conjunto poseen 8 677.0 km². Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato y Michoacán colectivamente, tienen 7 140.7 km² de superficie agrícola de riego con menos de 6° de pendiente en el terreno.

than 6° of slopes of three states (Campeche, Quintana Roo and Yucatán) represent 273.2 km², finally, Tabasco and Veracruz, represent 695.3 km² in conjunction.

Regarding the irrigated lands, the following comparisons have been made: the irrigated agricultural land with less than 6° of slope of the terrain in the group of Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa and Nayarit, is almost twice the area of Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí and Zacatecas in conjunction, however, this last group of states has the largest irrigated agricultural land with more than 6° of slope of the terrain, this is, they have practically exhausted the limits of their irrigated agricultural frontier of less than 6°. Probably in two decades, their irrigated agricultural frontier with less than 6°, would be exceeded by their irrigated agricultural frontier with more than 6°. It is possible this phenomenon to occur in Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos, and Mexico City in less time, probably in a decade. While in Guerrero, Oaxaca, and Chiapas, it has already occurred, in other words, their irrigated agricultural land less than 6°, is 57 % smaller than the irrigated agricultural land greater than 6°.

Conclusions

Results demonstrate that only the fifteenth part of the Mexican territory (about 296 932 km², area relatively equivalent to the state of Chihuahua), has been used in agriculture, but geopolitically, only 33.2 % of this fifteenth part (about 98 781 km², area relatively equivalent to the state of Oaxaca) have an annual rainfall regime and conservation of fertile soil guaranteed.

According to the slope degree, the Mexican agricultural frontier presents four categories: a) 98 781 km² are rainfed lands with less than 6° of slope of the terrain, corresponding to 5.0 % of the total national territory; b) 105 313 km² are rainfed lands with more than 6° of slope, corresponding to 5.4 % of the territory; c) 57 869 km² are irrigated lands with less than 6° of slope of the terrain, corresponding to 3.0 % of the total national territory; and d) 34 968 km² are irrigated lands with more than 6° of slope, this is 1.8 % of the territory.

If we consider the frequent drought cycles present in northern Mexico, only 19.4 % of the irrigated lands with less than 6° of slope, have a sustained agricul-

Campeche, Quintana Roo y Yucatán tienen 6 381.0 km² de superficie agrícola de riego con menos de 6° de pendiente en el terreno; siete estados: Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos y la Ciudad de México, engloban 3 179.1 km² de superficie agrícola de riego con menos de 6° de pendiente en el terreno, asimismo, dos estados (Tabasco y Veracruz) engloban 2 586.3 km² de superficie agrícola de riego con menos de 6° de pendiente en el terreno; por último, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, conjuntamente, cuentan con 1 511.1 km².

Ahora bien, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, en conjunto, son los que presentan 9 123.1 km², la mayor cantidad de superficie agrícola de riego con más de 6° de pendiente en el terreno; les siguen Colima, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato y Michoacán, pues, entre los cinco cuentan con 8 067.4 km²; luego están Tamaulipas y Nuevo León, pues, entre los dos cuentan con 6 779.3 km². Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos y la Ciudad de México, tienen 3 809.4 km² de superficie agrícola de riego con más de 6° de pendiente en el terreno.

Guerrero, Oaxaca y Chiapas, colectivamente, tienen 3 504.1 km² de superficie agrícola de riego con más de 6° de pendiente en el terreno; cinco estados: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit engloban 2 716.6 km²; las tierras de riego con más de 6° de pendiente de tres entidades (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) suman 273.2 km², por último, Tabasco y Veracruz, conjuntamente, presentan 695.3 km².

Respecto a las tierras de riego, se han podido hacer las comparaciones siguientes: la superficie agrícola de riego con menos de 6° de pendiente en el terreno del conjunto Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit es casi el doble que la de Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, sin embargo, este último conjunto de estados tiene la mayor superficie de tierra agrícola de riego con más de 6° de pendiente en el terreno, es decir, prácticamente han agotado los límites de su frontera agrícola de riego menor a 6°. Quizá en un par de décadas su frontera agrícola de riego menor a 6° sea superada por su frontera agrícola de riego mayor a 6°. Este fenómeno en Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Morelos y la Ciudad

tural production guaranteed. On the other side, the rainfed land area located on rough terrain are almost twice the area of irrigated lands with plain slope. It is also very striking that the relationship between irrigated agricultural lands per slope degree, reveals that 15 states of the Mexican Republic have practically exhausted the limits of their irrigated agricultural frontier less than 6°. Finally, in order to improve and accelerate this part of the study, it is necessary that the SIAP debugs its KML cartography, in this way, it can be screened automatically with the different higher resolution digital elevation models that are currently being created.

End of English version

References / Referencias

- Arizmendi, A. (1950). *Planificación de los factores de la producción agrícola*. México: Tesis de licenciatura en Derecho, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Derecho.
- Bassols, A. (1991). *Recursos naturales de México: Teoría, conocimiento y uso*. México, D.F: Editorial Nuestro Tiempo.
- Bazant, J. (1950). Feudalismo y capitalismo en la historia de México. *El trimestre económico*, 17(65 (1)): 81-98.
- Bellón, R. (1979). *El maíz en la agricultura mexicana producción, distribución y comercialización*. México: Tesis de licenciatura en Administración, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración.
- Berghaus, H. K. W., Perthes, J., y Ausfeld, J. C. (1839). *Verbreitungsbezirke Der Wichtigsten Kulturgewächse: Nebst Andeutungen Über Den Lauf Der Isotheren Und Isochimenen*. Gotha: J. Perthes.
- Berghaus, H. K. W., y Perthes, J. (1848). *Physikalischer Atlas oder Sammlung von Karten: Auf Deneen die hauptsächlichsten Erscheinungen der anorganischen und organischen Natur nach ihrer geographischen Verbreitung und Vertheilung bildlich dargestellt sind*. Gotha: Perthes.
- Bolaños, M., Paz F., Cruz, C., Argumedo, J., Romero, V., y Cruz, J (2016). Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3): 271-288.

de México es probable que ocurra en menos tiempo, quizá en una década. Mientras que, en Guerrero, Oaxaca y Chiapas, ya ocurrió, es decir, su superficie agrícola de riego menor a 6° es 57 % más pequeña que la superficie agrícola de riego mayor a 6°.

Conclusiones

Los resultados evidencian que solo la quinceava parte del territorio mexicano (Unos 296 932 km², extensión relativamente equivalente al estado de Chihuahua), se ha usado para uso agrícola, pero geopolíticamente, solo el 33.2 % de esa quinceava parte (Unos 98 781 km², extensión relativamente equivalente al estado de Oaxaca) tiene garantizado un régimen pluviométrico anual y una conservación de suelo fértil.

En función del grado de pendiente, la frontera agrícola de México presenta cuatro categorías: a) 98 781 km² son tierras de temporal con menos de 6° de pendiente en el terreno, correspondiente al 5.0 % del total del territorio nacional; b) 105 313 km² son tierras de temporal con más de 6° de pendiente, correspondiente al 5.4 % del territorio; c) 57 869 km² son tierras de riego con menos de 6° de pendiente en el terreno, correspondiente al 3.0 % del total del territorio nacional; y d) 34 968 km² son tierras de riego con más de 6° de pendiente, o sea 1.8 % del territorio.

Considerando los recurrentes ciclos de sequía que experimenta el norte de México, solo el 19.4 %, de las tierras de riego con menos de 6° de pendiente, tiene garantizada una producción agrícola sostenida. Por otra parte, las superficies de tierras de temporal situadas en terreno abrupto son casi del doble de tamaño que la superficie de tierras de riego con pendiente plana. También llama poderosamente la atención que la relación entre superficies agrícolas de riego por grado de pendiente revela que 15 estados de la república mexicana prácticamente han agotado los límites de su frontera agrícola de riego menor a 6°. Por último, para mejorar y acelerar esta veta de investigación es necesario que el SIAP depure su cartografía kml, para que esta pueda cribarse de manera automática con los distintos modelos digitales de elevación de mayor resolución que se están generando actualmente.

Fin de la versión en español

- Bromme, T., y Humboldt, A. (1851). *Atlas zu Alex. v. Humboldt's Kosmos: In zweiundvierzig Tafeln mit erläuterndem Texte*. Stuttgart: Kraus y Hoffmann.
- Carreras, A., y Tafunell, X. (2005). *Estadísticas históricas de España: Siglos XIX-XX*. Bilbao: Fundación BBVA. Tomo 1.
- CEFP. (2001). *Estadísticas básicas del sector agropecuario 1980-2000*. México: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, Cámara de Diputados. Disponible en: <https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0092001.pdf>
- CENAPRED. (2020). *Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Disponible en: <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/inestabilidad-laderas.html>
- Coll, A. (1985). ¿Es México un país agrícola? México: Siglo 21 editores.
- Cerutti, M. (2015). La agriculturización del desierto: Estado, riego y agricultura en el norte de México (1925-1970). *Apuntes*, 42(77): 91-127.
- Coatsworth, J. H. (1976). Anotaciones sobre la producción de alimentos durante el porfiriato. *Historia mexicana*, 26 (2): 167-187.
- Dedmond, F. B. (1983). Christopher Pearse Cranch's "Journal. 1839". *Studies in the American Renaissance*, (1983): 129-149.
- Duhau, E. (1982). Desarrollo urbano y agricultura en la Nueva España. *Investigación Económica*, 41(162): 85-100.
- Esteva, G. (1975). La agricultura en México de 1950 a 1975: el fracaso de una falsa analogía. *Comercio Exterior*, 25(12): 1311-1322.
- Gómez, R. (1990). *México y la protección de sus nacionales en Estados Unidos*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones sobre Estados Unidos de América.
- González, M. (1969). Tenencia de la tierra y población agrícola (1877-1960) *Historia Mexicana*, 19 (1): 62-86.
- Günther, F., Velthuisen, H., Nachtergaele, F., y Medow, S. (2000). *Global Agro-Ecological Zones - 2000*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); International Institute for Applied Systems Analysis of Laxenburg, Austria (IIASA). <https://web.archive.iiasa.ac.at/Research/LUC/GAEZ/index.htm>
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
- Jennings, B. (1988). *Foundations of International Agricultural Research: Science and Politics in Mexican Agriculture*. Boulder CO: Westview Press.
- Laurie, R. H. (1821). *Tobacco plantation*. Londres: by R.H. Laurie, No. 53, Fleet Street.
- Lugo, J., Aceves, J., y Córdova, C. (1990). "Morfometría 2" en Coll, A. (Coord.), *Atlas Nacional de México*. México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Tomo II, pp. IV.3.2, escala 1:4 000 000, 90 x 60 cms.
- Malie, T. (1730). *Leaves and fruit of a kind of Mexican vanilla*. Drawing by Thomas Malie.
- Menegus, M. (1999). "Los bienes de comunidad de los pueblos de indios a fines del periodo colonial. Agricultura mexicana: crecimiento e innovaciones", en: Menegus, M., y Tortolero, A. (1999). *Agricultura mexicana: crecimiento e innovaciones*. México: El Colegio de Michoacán AC. pp. 89-126.
- Montanus, A. (1671). *Five large cacti and a sweet potato plant (Ipomoea batatas) in a tropical landscape*. Etching, c.1671. Amsterdam.
- Montes, M. Uribe, E., y García, E. (2011). Mapa Nacional de Erosión Potencial. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 2(1): 05-17.
- Nieuhof, J., y Nieuhof, H. (1682). *Nieuhof's Gedenkwaardige Zee-en Lant-Reize door de voornaemste Landschappen van West en Oost Indien*. Amsterdam: Edited by H. Nieuhof.
- Ogilby, J., y Montanus, A. (1671). *America: being the latest, and most accurate description of the new vworld: Containing the original of the inhabitants, and the remarkable voyages thither, the conquest of the vast empires of Mexico and Peru...* London: Printed by the author.
- Puente, J. (1971). Recursos y crecimiento del sector agropecuario en México, 1930—1967. *El Trimestre Económico*, 38 (150-2): 515-552.
- Pureco, J., y García, A. (2018). Del Estado al mercado. La tendencia general de la producción del arroz en México, 1930-2010. *Letras históricas*, (17): 157-183.
- Ruvalcaba, J. (1984). Agricultura colonial temprana y transformación social en Tepeapulco y Tulancingo (1521-1610). *Historia Mexicana*, 33 (4): 424-444.

- SIAP. (2014). *Datos KMZ abiertos, Cobertura Nacional de frontera agrícola Serie II*. México: Ciudad de México, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, <<http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>>, última fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019.
- Smith, A. (2016). *La riqueza de las naciones*. España: Titivillus.
- Soto, C. (2003). La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. *Investigaciones geográficas*, (50): 173-195.
- Wick, E. (1933). *Curso de geografía comercial*. México: Patricio Sanz.
- Sujo, M. (1989). *Superficie agrícola potencialmente utilizable en México*. México: tesis de licenciatura en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Woodbridge, W. C. (1823). *Modern atlas on a new plan: To accompany the system of Universal geography*. Hartford: Oliver D. Cooke y Sons.
- World Bank Group. (2020). Tierras agrícolas (kilómetros cuadrados) – México. Washington D. C.: The World Bank Group. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.AGRI.K2?end=2016&locations=MX&start=1961&view=chart>

