

# Exceptional maize production in wetlands: the milpa marceña of Tabasco, Mexico

Juan Rogelio Aguirre Rivera<sup>1</sup>  
Ángel Isauro Ortiz Ceballos<sup>2\*</sup>

## Abstract

In the geomorphological region known as the Southeast Coastal Plain, between the Tonalá and Grijalva rivers, lies the Tabasco floodplain, which forms a large wetland dominated by seasonal swamps with herbaceous vegetation known as popal or popalería. The popal lands remain variably flooded (up to 2 m) from July to February, due to overflowing rivers and abundant local precipitation (about 2000 mm). In March, the popal is grazed to be sown with Mejen maize and several cucurbits, harvested in June; this is the milpa marceña. The fertility of the soil is annually renewed and the remaining soil humidity allows plots with popal to be used frequently, with corn yields similar to or higher than those obtained with later improved crops, under chemical fertilization and irrigation, but on other soils in the region. Compared to the slash-and-burn milpa of non-floodable lands, the milpa marceña requires 30% fewer working days for its production. The grain yield of the traditional maize crop in this production system (Mejen) is similar to that of the later varieties Olotillo and Dzit Bacal (its probable progenitors), but Mejen differs from them in its shorter (intermediate) cycle, without compromising grain yield.

**Keywords:** Lowlands, popal, agroecology, alluvial soils, Mejen maize.

## Producción excepcional de maíz en humedal: la milpa marceña de Tabasco, México

## Resumen

En la región geomórfica denominada Planicie Costera del Sureste, entre los ríos Tonalá y Grijalva, se encuentra la planicie aluvial tabasqueña, la cual conforma un gran humedal con predominio de pantanos estacionales de vegetación herbácea conocida como popal o popalería. Las tierras de popal permanecen variablemente anegadas (hasta 2 m) de julio a febrero, por el desbordamiento de los ríos y por la abundante precipitación local (unos 2000 mm). En marzo el popal se roza para sembrarlo con maíz Mején y varias cucurbitáceas, cosechándose en junio; esta es la milpa marceña. La fertilidad del suelo renovada anualmente y la humedad remanente permite utilizar frecuentemente las parcelas con popal, con rendimientos de maíz similares o superiores a los obtenidos con cultivares mejorados más tardíos, bajo fertilización química y riego, pero en otros suelos de la región. En comparación con la milpa roza-tumba-quema de las tierras no inundables, la milpa marceña requiere 30 % menos jornadas para su producción. El rendimiento de grano del cultivar tradicional de maíz de este sistema de producción (Mején), es similar al de las razas más tardías Olotillo y Dzit Bacal (sus probables progenitores), pero el Mején se diferencia de ellas por su ciclo más corto (intermedio), sin menoscabo del rendimiento de grano.

**Palabras clave:** Interpolación espacial, requerimientos de riego, evapotranspiración, precipitación efectiva, QGIS.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas. Av. Salvador Nava Martínez núm. 382, Zona Universitaria, San Luis Potosí, S.L.P. C.P. 78290. México.

<sup>2</sup>Universidad Veracruzana, Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada, ave. Culturas Veracruzanas núm. 101, Col. Emiliano Zapata, Xalapa, Veracruz. C. P. 91090. México.

\*Corresponding author: angortiz@uv.mx Tel: 2283480109, ORCID ID: 0000-0001-8700-4503.

## Introduction

The milpa marceña is a very peculiar maize production variant since it is currently confined to the seasonally flooded lowlands of Tabasco's alluvial coastal plain. This milpa is part of the traditional system of renewable natural resources, practiced by Chontal farmers. (Maimone et al., 2006), and is closely linked to the climatic grassland (Beard, 1944, 1955; Miranda, 1958) known as popal (Miranda, 1958; Miranda & Hernández, 1963), which remains flooded from early June at the beginning of the rainy season until early March, when the crop cycle of the milpa marceña starts with its machete cutting.

The milpa marceña is clearly prehispanic, since, as Whitmore & Thurner II (2001) point out, of all the indigenous cultivation methods, none was more productive, complex and unfamiliar to the Spanish than the wetland systems, particularly in the swamps of Tabasco. It is very likely that the marceña milpa was one of the main components of the Olmec subsistence system. However there is only a somewhat vague record of its existence at the end of the nineteenth century, due to coincident planting and harvesting dates (Gil & Sáenz, 1884), and its first general description was published 100 years later (Ruvalcaba, 1982). This essay first documents the natural environment of the popal and its surrounding, complemented with unpublished data on the vegetation, soil and water of a popal, and ends with a descriptive synthesis of the milpa marceña and the peculiarities of the traditional crop of this maize production system.

The objective of this article is to integrate and complement the ecological characterization of the popal and the description of the milpa marceña. To this end, it is postulated as a hypothesis that the outstanding productivity and ecological persistence of the popal, within the environmental complexity of the Southeastern Coastal Plain, explain the origin and permanence of the milpa marceña.

## Topic Development

### *Study Area*

The study area is located in the Southeastern Coastal Plain, a geomorphic region limited to the west by the Sierra of San Martín Tuxtla, to the east by the Yucateca platform and to the south by the Sierra Madre of

## Introducción

La milpa marceña es una variante de producción de maíz muy peculiar porque está circunscrita actualmente a las tierras bajas inundables estacionalmente de la planicie costera aluvial de Tabasco. Esta milpa forma parte del sistema tradicional de aprovechamiento de recursos naturales renovables, practicado por campesinos chontales (Maimone et al., 2006), y está vinculada espacialmente al herbazal climácico (Beard, 1944, 1955; Miranda, 1958) conocido como popal (Miranda, 1958; Miranda & Hernández, 1963), el cual permanece inundado desde principios de junio con el inicio del periodo de lluvias hasta principios de marzo, cuando con su corte con machete comienza el ciclo de cultivo de la milpa marceña.

La milpa marceña es claramente prehispánica, pues como señalan Whitmore & Thurner II (2001) de todas las formas de cultivo indígenas, ninguna fue más productiva, compleja y extraña para los españoles que los sistemas de humedales, particularmente en los pantanos de Tabasco. Es muy probable que la milpa marceña fuera uno de los componentes principales del sistema de subsistencia olmeca. Sin embargo, solo se tiene un registro algo vago de su existencia a finales del siglo diecinueve, por las fechas de siembra y cosecha coincidentes (Gil & Sáenz, 1884), y su primera descripción general se publicó 100 años después (Ruvalcaba, 1982). En este ensayo se documenta primero el ambiente natural del popal y su entorno, complementado con datos inéditos sobre la vegetación, suelo y agua de un popal, para terminar con una síntesis descriptiva de la milpa marceña y de las peculiaridades del cultivar tradicional de este sistema de producción de maíz.

El objetivo de este artículo es integrar y complementar la caracterización ecológica del popal y la descripción de la milpa marceña. Para ello, se postula como hipótesis que la productividad y persistencia ecológica sobresalientes del popal, dentro de la complejidad ambiental de la Planicie Costera del Sureste, explican el origen y permanencia de la milpa marceña.

## Desarrollo del Tema

### *Área de estudio*

El área de estudio se encuentra en la Planicie Costera del Sureste, región geomórfica limitada al oeste por

Oaxaca, the Sierra Atravesada and the Central Meseta of Chiapas. It covers the southern part of the state of Veracruz, almost all of Tabasco and smaller parts of Campeche, Chiapas and Oaxaca; it is 350 km long and has an average width of 125 km, with little variation in its relief and slope. Until the end of the Mesozoic, when the Central Meseta of Chiapas rose, the region was submerged and extended to the Chiapas Central Depression. The erosion of the Meseta, the Atravesada and Madre de Oaxaca mountain ranges, and the drainage of the Depression, provided the materials that have formed this large alluvial plain (Tamayo, 2013). In this regard, it should be noted that the average annual runoff from the five most significant rivers in the region (Usumacinta, Grijalva, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá) represents almost half of the total estimated runoff for the Mexican Republic (García & Falcón, 1993). These large rivers with sinuous and dispersed channels generate natural fluvial systems or environments with complex and dynamic micro-reliefs: riverbeds with their natural edges or natural levees, floodplains, free meanders which change their configuration and position with large floods, leaving the plains dotted with streambanks, riverbanks and abandoned river channels, meandering strands and elongated bogs; and the drainage of overflows and *in situ* precipitation generates a riparian dendritic network connected with lakes and lagoons, and with permanent or seasonal swamps scattered over the plains (Hardy, 1970; Lugo, 1989; Gutiérrez, 2008).

Originally, the Grande de Chiapas or Mezcalapa river divided the Tabasco alluvial plain in half, between the Tonalá and Grijalva rivers, and flowed into Dos Bocas Bay, but in the 17th century its course was intentionally diverted eastward to connect with the González and Grijalva (Tamayo, 2013). Thus, this diversion of the original channel, its three large storage (Malpaso, Chicoasén and Angostura) and the artificial drainage of 50 000 ha of Plan Chontalpa, have deeply altered the dynamics and characteristics of the original fluvial system of this part of the plain.

#### *Weather*

Plant species which make up the popal lack lignification, and their very large, soft, light green leaves are abundant and densely cover the surface, indica-

la sierra de San Martín Tuxtla, al este por la plataforma yucateca y al sur por la Sierra Madre de Oaxaca, la Sierra Atravesada y la Meseta Central de Chiapas. Comprende el sur del estado de Veracruz, casi todo Tabasco y partes menores de Campeche, Chiapas y Oaxaca; presenta una longitud de 350 km y una anchura media de 125 km, con escasa variación en su relieve y pendiente. Hasta finales del mesozoico, cuando la Meseta Central de Chiapas se elevó, la región estaba sumergida y se extendía hasta la Depresión Central chiapaneca. La erosión de la Meseta, de las sierras Atravesada y Madre de Oaxaca, y el drenaje de la Depresión, aportaron los materiales que han conformado esta gran planicie aluvial (Tamayo, 2013). Al respecto, cabe señalar que la escorrentía media anual de los cinco ríos más significativos de la región (Usumacinta, Grijalva, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá) representan casi la mitad de la escorrentía total estimada para la República mexicana (García & Falcón, 1993). Estos grandes ríos con cauces sinuosos y dispersos, generan sistemas o medios fluviales naturales con microrrelieves complejos y dinámicos: cauces con sus bordes o diques naturales, planicies de inundación, meandros libres que cambian su configuración y posición con las grandes avenidas, dejando las planicies salpicadas de bancos de ribera, bancos de cauces y cauces abandonados, cordones de meandros y ciénegas alargadas; y el drenaje de los desbordamientos y de la precipitación *in situ* genera una red dendrítica riparia conectada con lagos y con lagunas, y con pantanos permanentes o estacionales dispersos sobre la planicie (Hardy, 1970; Lugo, 1989; Gutiérrez, 2008).

Originalmente el río Grande de Chiapas o Mezcalapa partía por mitad la planicie aluvial tabasqueña entre los ríos Tonalá y Grijalva, y desembocaba en la bahía de Dos Bocas, pero en el siglo XVII su cauce fue desviado intencionalmente hacia el este para conectarlo con los ríos González y Grijalva (Tamayo, 2013). Así, este desvío del cauce original, sus tres grandes presas de almacenamiento (Malpaso, Chicoasén y Angostura) y el drenaje artificial de 50 000 ha del Plan Chontalpa, han alterado profundamente la dinámica y características del sistema fluvial original de esta porción de la planicie.

#### *Clima*

Las especies de plantas que componen el popal carecen de lignificación, y sus hojas muy grandes, suaves,

ting that there is no humidity deficit in their habitat (Miranda, 1958). Regionally, differences in the vegetation of swamps or wetlands are mainly due to the extent and depth of flooding and the amount of salts in the water (Beard, 1944; López, 1980).

The regional climate of Tabasco's popal is fairly homogeneous (López, 1980). Based on data from four weather seasons (Cárdenas, Comalcalco, Huimanguillo, and Jalpa de Méndez), it can be established that the average annual precipitation varies between 1,871.5 and 2,251.0 mm, the average annual temperature between 26.0 and 26.6 °C, and precipitation in the driest (least humid) month from 46.7 to 55.0 mm, which corresponds to March and only in Comalcalco occurs in April. The Köppen climate formula modified by García (2004) for the four seasons is  $Am(f)(i')gw$ . The symbols in this formula correspond respectively to a climate: a) "very warm," as its average temperature in the coldest month is greater than 18 °C and its average annual temperature is greater than 26 °C; b) "humid," with total annual precipitation less than 2,500 mm, precipitation in the driest month less than 60 mm, and percentage of winter rainfall greater than 10.2 of the annual total; c) with "little temperature variation," since its extreme monthly average temperatures vary between 5 and 7 °C; with an annual temperature pattern similar to that of the Ganges, i.e., the hottest month of the year occurs before the summer solstice; and with a prolonged dry (less humid) season in winter and a short one in summer (García, 2004).

#### *Soil*

Soils come from river deposits that overflow or move sideways, found in the middle and widest part of the floodplain, between the natural banks (edges or levees) of the riverbeds and the lowest parts of the plain. The Popal materials that form the edges raised above the level of the plain have the coarsest textures (fine sands and silts) of those deposited outside the riverbeds, and form fertile, well-drained soils, without prolonged flooding, but well supplied with capillary humidity from the permanent streams that channel them. The lowest parts of the plain have soils that are permanently flooded or at least saturated throughout the year, as this is where the smallest and lightest sediments (clays) are deposited. In con-

de color verde claro y muy abundantes cubren densamente la superficie, de manera que esta formación denota la ausencia de déficit de humedad en su hábitat (Miranda, 1958). Regionalmente las diferencias en la vegetación de pantanos o humedales son debidas principalmente a la duración y profundidad de la inundación y a la cantidad de sales en el agua (Beard, 1944; López, 1980).

El clima regional del popal tabasqueño es bastante homogéneo (López, 1980). Con base en los datos de cuatro estaciones meteorológicas (Cárdenas, Comalcalco, Huimanguillo y Jalpa de Méndez) se puede establecer que la precipitación media anual varía entre 1 871.5 y 2 251.0 mm, la temperatura media anual de 26.0 a 26.6 °C, y la precipitación del mes más seco (menos húmedo) de 46.7 a 55.0 mm, lo cual corresponde a marzo y solo en Comalcalco ocurre en abril. La fórmula climática de Köppen modificada por García (2004) para las cuatro estaciones es  $Am(f)(i')gw$ . Los símbolos de esta fórmula corresponden respectivamente a un clima: a) "muy cálido", pues su temperatura media del mes más frío es mayor que 18 °C y su temperatura media anual mayor que 26 °C; b) "húmedo", con precipitación total anual menor que 2 500 mm, precipitación del mes más seco menor que 60 mm y porcentaje de lluvia invernal mayor que 10.2 del total anual; c) con "poca oscilación térmica", pues sus temperaturas medias mensuales extremas presentan diferencias entre 5 y 7 °C; con marcha anual de la temperatura tipo Ganges, esto es, que el mes más caliente del año se presenta antes del solsticio de verano; y con una época seca (menos húmeda) prolongada en el invierno, y otra corta en el verano (García, 2004).

#### *Suelo*

Los suelos del popal corresponden a los depósitos fluviales de desbordamiento o migración lateral, situados en la porción intermedia y más extensa de la planicie de inundación, entre los diques naturales (bordes o albardones) de los cauces y las porciones más bajas de la planicie. Los materiales que forman los bordes elevados sobre el nivel de la planicie presentan las texturas más gruesas (arenas finas y limos) de los depositados fuera de los cauces, y conforman suelos fértiles, bien drenados, sin inundaciones prolongadas, pero bien abastecidos de humedad capi-

trast, in the more extensive intermediate plains, flooding, of varying frequency and intensity, only occurs during the heavy rains of the annual rainy season; the width and length of these terrains favor a reduction in the speed of overflowing waters and an increase in the sedimentation of fine alluvium such as silt, clay, organic detritus and solutes, and edaphic colloids (Hardy, 1970; Gutiérrez, 2008; Schaetzl & Thompson, 2015). Alluvial sedimentation in the middle portions of the plain generally occurs in horizontal, stratified, and well-defined layers, which, with depth, allow for a very gradual decrease in organic carbon content. Thus, in the Nile River Valley, it has been documented that an annual increase of only one millimeter of alluvium contributes 0.1 to 0.2% to the nitrogen content of the surface soil, and that the decomposition of organic matter occurs progressively in the sediment layers (Boul et al., 2003). However, a major flood can deposit a layer of alluvium 50 to 55 cm thick in large portions of the intermediate plain (Ritter, 2002).

By regularly receiving deposits of fresh alluviums, associated with annual floods, these soils present high fertility and continuously renewable; in addition, in the dry period, surface organic matter is quickly mineralized, and its characteristic surface water table undergoes strong oscillations generating oxygenation of the water and humidity gradients supplied by capillary ascension, both normal and accelerated by surface evaporation (Hardy 1970; Duchaufour 1975). These exceptional qualities for crop production during the dry period of the year, of the soils of the alluvial plains, were recognized and appreciated by the ancestral farmers and by the traditional peasants today (Boul et al., 2003).

For their constant renewal, absence of pedogenetic horizons and fluvial origin, the soils of the popales correspond to the Entisoles order, suborder Fluvents, which is equivalent to the previous order Azonales and large group Aluviales (Boul et al., 2003; Schaetzl & Thompson, 2015).

#### *Popal or popalería is a type of primary vegetation*

J. S. Beard (1944) established the basis for the systematic and comprehensive study of tropical american vegetation. His classification system was based on three criteria levels: physiognomic structural grouping (formation), habitat grouping (formation series), and

lar de las corrientes permanentes que encauzan. Las porciones más bajas de la planicie presentan suelos permanentemente inundados o al menos saturados durante todo el año, pues allí se depositan los sedimentos de menor tamaño y peso (arcillas). En cambio, en las planicies intermedias más extensas, las inundaciones, con frecuencia e intensidad variables, solo ocurren durante las grandes avenidas del período anual de lluvias; la amplitud y longitud de estos terrenos favorecen la reducción de la velocidad de las aguas desbordadas y el incremento de la sedimentación de aluviones finos como limos, arcillas, detritus orgánicos y solutos, y coloides edáficos (Hardy, 1970; Gutiérrez, 2008; Schaetzl & Thompson, 2015).

La sedimentación de aluviones en las porciones intermedias de la planicie generalmente se presenta en capas horizontales, estratificadas y bien definidas, lo cual con la profundidad permite un descenso muy suave del contenido de carbono orgánico; así, en el Valle del Río Nilo se ha documentado que un incremento anual de solo un milímetro de aluvión aporta de 0.1 a 0.2 % al contenido de nitrógeno del suelo superficial, y que la descomposición de la materia orgánica ocurre progresivamente en las capas de sedimentos (Boul et al., 2003). Sin embargo, una gran avenida fluvial puede depositar una capa de aluviones de 50 a 55 cm de espesor en grandes porciones de la planicie intermedia (Ritter, 2002).

Al recibir regularmente depósitos de aluviones frescos, asociados a las inundaciones anuales, estos suelos presentan fertilidad alta y continuamente renovable; además, en el período seco, la materia orgánica superficial se mineraliza rápidamente, y su capa freática superficial característica sufre oscilaciones fuertes que generan oxigenación del agua y gradientes de humedad abastecidos por ascensión capilar, tanto normal como acelerada por la evaporación superficial (Hardy, 1970; Duchaufour, 1975). Estas cualidades excepcionales para la producción de cosechas durante el período seco del año, de los suelos de las planicies aluviales, fueron reconocidas y apreciadas por los agricultores ancestrales y por los campesinos tradicionales actuales (Boul et al., 2003).

Por su renovación constante, ausencia de horizontes pedogenéticos y origen fluvial, los suelos de los popales corresponden al orden Entisoles, suborden Fluvents, lo cual es equivalente al anterior orden Azona-

floristic grouping (association) (Beard, 1944, 1955). By reviewing the relative importance of environmental factors on vegetation, Beard (1944) recognized that water availability determines to a greater extent the characteristics and distribution of primary vegetation, and that such availability depends not only on total precipitation and its distribution over the year, but also on the effects of topography and soil type on its storage and retention, and on the evaporative capacity of the surrounding atmosphere.

For Beard (1944) any important variation in the physiognomy of primary vegetation can be explained in terms of these hydrological relationships; therefore, considerations about the habitat of the formations are reduced to questions of available humidity. According to this author, the optimal habitat where water availability is ideally favorable, should have deep, permeable and well drained soil, with enough available humidity throughout the year, free from strong winds and excessive evaporation, and without flooding, dry season without frost; these conditions naturally favor the tallest, most exuberant and complex type of vegetation in tropical America, the high evergreen rainforest; but these conditions are weird, as are areas with excess of water, and which predominate is the greater or lesser scarcity of water in a certain part of the year. Thus, when moving away from optimal habitat and increasing water adversity, Beard (1944) recognized five suboptimal habitat categories, the most extreme of which corresponds to poorly drained lands subject to flooding, to which swamp formations, characteristic of natural river systems, belong.

According to Beard (1944), a swamp or cienega is a type of habitat where soil remains flooded or saturated, without ever becoming absolutely dried. The differentiation of the optimal habitat of the high evergreen forest, due to the excess of water, begins when the soil is flooded during a short period of the year; the more prolonged seasonal flooding generates a lower physiognomy, specialized vital forms and floristic impoverishment, and in the swamp the forest is reduced first to tall grassland, then to a mat of floating herbaceous plants and ends when an open body of water appears (Beard, 1944, 1955).

Only specialized plant species (hydrophilic) can persist in flooded soils (Beard, 1944; Smith & Smith,

les y gran grupo Aluviales (Boul et al., 2003; Shaetzl & Thompson, 2015).

#### *El popal o popalería es un tipo de vegetación primario*

J. S. Beard (1944) estableció las bases para el estudio sistemático e integral de la vegetación tropical americana. Su sistema de clasificación se basó en tres niveles o criterios: agrupamiento estructural fisonómico (formación), agrupamiento por hábitat (series de formación) y agrupamiento florístico (asociación) (Beard, 1944, 1955). Al revisar la importancia relativa de los factores ambientales sobre la vegetación, Beard (1944) reconoció que la disponibilidad de agua determina en mayor medida las características y distribución de la vegetación primaria, y que dicha disponibilidad depende no solo de la precipitación total y su distribución en el año, sino también de los efectos de la topografía y el tipo de suelo sobre su almacenamiento y retención, y de la capacidad evaporativa de la atmósfera circundante.

Para Beard (1944) toda variación importante en la fisonomía de la vegetación primaria puede ser explicada en términos de estas relaciones hídricas; por ello, las consideraciones sobre el hábitat de las formaciones se reducen a cuestiones de humedad disponible. Según este autor, el hábitat óptimo donde la disponibilidad de agua es idealmente favorable, debe presentar suelo profundo, permeable y bien drenado, con humedad disponible suficiente durante todo el año, libre de vientos fuertes y evaporación excesiva, y sin inundación, estación seca sin heladas; estas condiciones naturalmente favorecen al tipo de vegetación más alto, exuberante y complejo de América tropical, la selva alta perennifolia; pero estas condiciones son muy poco comunes, al igual que las áreas con exceso de agua, y lo que predomina es la mayor o menor escasez de agua en cierta parte del año. Así, al alejarse del hábitat óptimo e incrementarse la adversidad hídrica, Beard (1944) reconoció cinco categorías subóptimas de hábitats, la más extrema de las cuales corresponde a las tierras con drenaje deficiente sujetas a inundación, a las que pertenecen las formaciones de pantano, características de los sistemas fluviales naturales.

De acuerdo con Beard (1944), un pantano o ciénega es un tipo de hábitat donde el suelo permanece inundado o saturado, sin que nunca llegue a estar

2009). According to Jananer & Jolánkai (2008), this explains why only about 700 aquatic plant species are known, and they point out that despite their small population, very little is known about their biology in general. Aquatic or semi aquatic macrophytes can be recognized at a glance and the emergent wetland or helophytic have most of their stems in the air (Font Quer, 1953). Helophytes are quite similar to terrestrial plants in their water economy (stomatal regulation, cuticles and waxy coverings); however,  $O_2$  transport to rhizomes (bodies which characterize them) and roots embedded in  $O_2$  deficient or anaerobic sediments takes place through an extensive lagoon system, and during prolonged periods of anaerobiosis, rhizome metabolism may switch from respiration to fermentation, and  $CO_2$  generated in the sediments may be taken up by the root system as an additional source of carbon (Jananer & Jolánkai, 2008).

In helophytes sexual reproduction is usually of little importance, because, although they mostly flower above the surface, asexual reproduction is the main way of their propagation; thus, fragmentation and dispersal of rhizomes and massive growth of the rhizomatous system are competitive adaptations that result in nearly monospecific and persistent stands, typical of swamp vegetation (Jananer & Jolánkai, 2008). Due to the full availability of water, the richness of nutrients replenished annually by flooding, and access to atmospheric  $CO_2$ , the net productivity of helophyte grasslands is usually higher than that of terrestrial plant communities and other floodplain habitats with similar thermal regimes (Jananer & Jolánkai, 2008).

The helophyte grasslands in Mexico are called popales and are recognized as a type of primary vegetation (Miranda, 1958; Miranda & Hernández, 1963; Flores et al., 1971). The origin and meaning of popal is uncertain. Although for Santamaría (1992) popal is derived from nahuatl *potoni*, heder and *palli* barro negro (black clay), the word popal is absent from most nahuatl dictionaries (Robelo, 1904; Siméon, 1977; Portugal, 2015). Instead, Miranda (1958) suggests that it could derive from popoay (zoque word which means white leaf), common name of *Calathea lutea*, one of the species that can be found in abundance in popal, but according to Barrera (1991) po-

absolutamente seco. La diferenciación del hábitat óptimo de la selva alta perennifolia, debida al exceso de agua, comienza cuando el suelo se inunda durante un periodo corto del año; la inundación estacional más prolongada genera una fisonomía más baja, formas vitales especializadas y empobrecimiento florístico, y en el pantano la selva se reduce primero a un herbazal alto, luego a un manto de herbáceas flotantes y se termina al presentarse un cuerpo de agua abierto (Beard, 1944, 1955).

Solo especies vegetales especializadas (hidrófilas) pueden persistir en suelos inundados (Beard, 1944; Smith & Smith, 2009). Según Jananer & Jolánkai (2008), esto explica que solo se conozcan unas 700 especies de plantas acuáticas, y señalan que a pesar de su número reducido aún se conoce muy poco de su biología en general. Las macrófitas acuáticas o semiacuáticas pueden ser reconocidas a simple vista, y las macrófitas emergidas de pantano o helófilas presentan la mayor parte de su tallo en el aire (Font Quer, 1953). Las helófilas son bastante similares a las plantas terrestres en su economía hídrica (regulación estomatal, cutículas y coberturas cerosas); sin embargo, el transporte de  $O_2$  a los rizomas (órganos que las caracterizan) y raíces embebidas en sedimentos deficientes en  $O_2$  o anaerobios se realiza a través de un sistema lagunoso extenso, y durante periodos de anaerobiosis prolongados, el metabolismo de los rizomas puede cambiar de respiración a fermentación, y  $CO_2$  generado en los sedimentos puede ser tomado por el sistema radical, como fuente adicional de carbono (Jananer & Jolánkai, 2008).

En las helófilas la reproducción sexual suele ser de poca importancia, pues, aunque en su mayoría florecen arriba de la superficie, la reproducción asexual es la forma principal de su propagación; así, la fragmentación y dispersión de rizomas y el crecimiento masivo del sistema rizomatoso son adaptaciones competitivas que resultan en rodales casi monoespecíficos y persistentes, típicos de la vegetación de pantanos (Jananer & Jolánkai, 2008). Debido a la disponibilidad plena de agua, la riqueza de nutrientes repuesta anualmente con las inundaciones y el acceso al  $CO_2$  atmosférico, la productividad neta de los herbazales de helófilas suele ser superior a la de comunidades de plantas terrestres y de otros hábitats inundables con regímenes térmicos similares (Jananer & Jolánkai, 2008).

**Figure 1. Popal (*Thalia geniculata* L.) in full growth (october 2015). Huimango, Cunduacán, Tabasco.**  
**Figura 1. Popal (*Thalia geniculata* L.) en pleno crecimiento (octubre 2015). Huimango, Cunduacán, Tabasco.**



pal comes from the Mayan names pop or poop designated to reeds and (other helophytes), and to the petate (mat) or estera (straw mat) made with stems. The original area occupied by the popal (southwest Campeche, northern Chiapas, southern Veracruz, and the Tabasco plain) could have been at least 3,945.1 km<sup>2</sup> (Flores et al., 1971) before the hydrological alterations of the Southeast Coastal Plain, caused by large hydroelectric and drainage projects, which led to expansions and reductions in its original area by locally modifying the flooding pattern or hydroperiod (i.e., the length, frequency, depth, and timing of floods, according to Smith & Smith (2009).

The physiognomy of the popal is that of a very high (1 to 4 m) and closed grassland that makes it impossible to see the surface of the flooding water, due to the density of stems per strain (six or seven), leaves per offshoot (7 to 15) and the large surface of each leaf blade (from 500 to 1 200 cm<sup>2</sup>; Figures 1 and 2). Its botanical composition is usually simple and often dominated by *Thalia geniculata* L. (quentó, hojilla, popoay, popal or popote) which come to form extensive even-aged monoculture plantations, but also associations with tanay (*Calathea lutea* (Aubl.) G. Meyer and *C. crotalifera* S. Watson), platanillos (*Heliconia latispatha* Benth. y *H. bihai* (L.) L.) and molinillo

Los herbazales de helófilas en México son denominados popales y reconocidos como un tipo de vegetación primaria (Miranda, 1958; Miranda & Hernández, 1963; Flores et al., 1971). El origen y significado de popal es incierto. Aunque para Santamaría (1992) popal se deriva del nahual *potoni*, heder y *palli* barro negro, la palabra popal está ausente en diversos diccionarios de nahual (Robelo, 1904; Siméon, 1977; Portugal, 2015). En cambio, Miranda (1958) sugiere que podría derivar de popoay (palabra zoque que significa hoja blanca), nombre común de *Calathea lutea*, una de las especies que puede abundar en el popal, pero según Barrera (1991) popal procede de los nombres maya *pop* o *poop* designados al junco y espadaña (otras helófilas), y al petate o estera elaborado con sus tallos.

La superficie original ocupada por el popal (suroeste de Campeche, norte de Chiapas, sur de Veracruz y la planicie tabasqueña), pudo ser al menos de 3 945.1 km<sup>2</sup> (Flores et al., 1971) hasta antes de las alteraciones hidrológicas de la Planicie Costera del Sureste, generadas por las grandes obras hidroeléctricas y de drenaje, las cuales generaron ampliaciones y reducciones en su área original al modificar localmente el patrón de inundación o hidroperiodo (esto es, la duración, frecuencia, profundidad y época de las inundaciones, según Smith & Smith (2009).

**Figure 2. Ripe Popal (*Thalia geniculata* L.) (february 2015). Huimango, Cunduacán, Tabasco.**  
**Figura 2. Popal (*Thalia geniculata* L.) maduro (febrero 2015). Huimango, Cunduacán, Tabasco.**



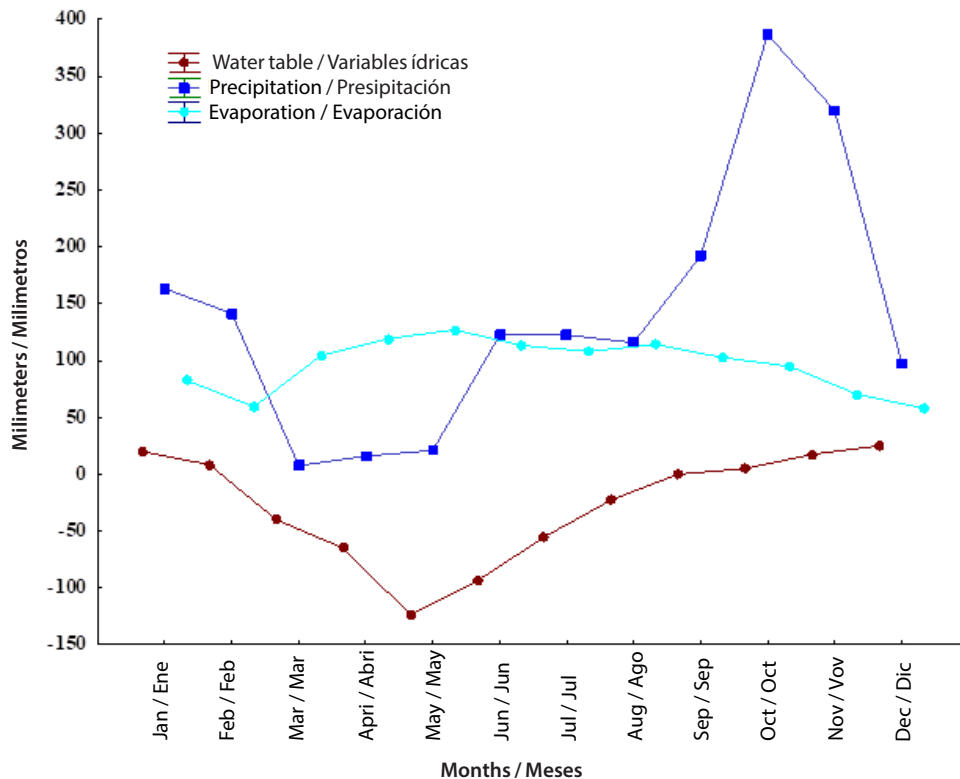
(*Cyperus giganteus* Vahl.). On the margins of the popal, where flooding is less severe, the composition is enriched with grasses such as water grass (*Paspalum vaginatum* Sw.), camalote (*P. fasciculatum* Willd. ex Flüggé), pan caliente (*Eragrostis reptans* (Michaux) Nees), lambedor (*Leersia hexandra* Sw.) and alemán (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc.) (Beard 1944; Miranda, 1958; Miranda & Hernández, 1963; López, 1980; Ruvalcaba, 1982).

In a 500 ha of the Santa Teresa ejido (communal land), municipality of Cárdenas, Tabasco, used for milpa marceña, a 2.0 m deep phreatic well, which was established to record the water level, every 15 days during the marceño cycle and every month during the rest of the year (Figure 3). Popal soil remained saturated or flooded for 7.8 months, from July to February; in early March the soil still had some water puddles up to 10 cm deep, but from mid-March to August, the water level was uniformly lower than at the soil surface, and in May its lowest level was recorded (-123.5 cm). The highest recorded water level was 30 cm in December, but it should be noted that these were one-time records and that, during the flood period, the water level fluctuates widely, frequently and quickly depending on local floods and storms, and thus the water level ranges from less than 50 cm to 200 cm above the ground.

La fisonomía del popal es de un herbazal muy alto (1 a 4 m) y cerrado que impide ver la superficie del agua de inundación, por la densidad de vástagos por cepa (seis o siete), de hojas por vástago (siete a 15) y gran superficie de cada lámina foliar (de 500 a 1 200 cm<sup>2</sup>; Figuras 1 y 2). Su composición botánica suele ser simple y con frecuencia dominada por *Thalia geniculata* L. (quentó, hojilla, popoay, popal o popote) que llegan a formar rodales extensos monoespecíficos, pero también asociaciones con tanay (*Calathea lutea* (Aubl.) G. Meyer y C. crotalifera S. Watson), platanillos (*Heliconia latispatha* Benth. y *H. bihai* (L.) L.) y molinillo (*Cyperus giganteus* Vahl.). En los márgenes del popal, con inundación menos profunda, la composición se enriquece con zacates como grama de agua (*Paspalum vaginatum* Sw.), camalote (*P. fasciculatum* Willd. ex Flüggé), pan caliente (*Eragrostis reptans* (Michaux) Nees), lambedor (*Leersia hexandra* Sw.) y alemán (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc.) (Beard 1944; Miranda, 1958; Miranda & Hernández, 1963; López, 1980; Ruvalcaba, 1982).

En un popal de 500 ha del ejido Santa Teresa, municipio de Cárdenas, Tabasco, utilizado para milpa marceña, se estableció un pozo freático de 2.0 m de profundidad para registrar el nivel del agua, cada 15 días durante el ciclo marceño y cada mes durante el

**Figure 3. Example of the annual trend of water variables in the popal of Santa Teresa, Cárdenas, Tabasco.**  
**Figura 3. Ejemplo de la tendencia anual de las variables hídricas en el popal de Sta. Teresa, Cárdenas, Tabasco.**



June 1991 to august1992. The mean precipitation and evaporation data correspond to meteorological station CEW-75 of Colegio de Posgraduados-Tabasco.

Junio 1991 a agosto 1992. Los datos medios de precipitación y evaporación corresponden a la estación meteorológica CEW-75 del Colegio de Posgraduados-Tabasco.

The phenological development of the popal culminates with the end of the flooding period, when its aerial part begins to decay and its root systems (rhizomes and roots) go in dormancy. Thus, the traditional burning of the popal in march (for milpa marceña, fishing and capture of chelonians) or in april and may (only for fauna exploitation), as described by Gil & Sáenz (1872), probably contributes to the persistence of this plant formation, by favoring a vigorous and very competitive regrowth, from a root system without loss of reserves caused by sexual reproduction and by the senescent aerial tissues, and without obstacles on the surface.

In the aforementioned Santa Teresa field, aerial biomass and aboveground necromass were estimated in march 1991. These materials correspond to what grassland accumulated from the last weeding of the milpa marceña (early june), prior the folding ("la dobla del maíz"), until the beginning of the new cycle in march; thus, the biomass accumulated in these 10

resto del año (Figura 3). El suelo del popal permaneció saturado o inundado durante 7.8 meses, de julio a febrero; a principios de marzo el suelo aún presentaba algunos charcos de hasta 10 cm de profundidad, pero desde mediados de este mes hasta agosto, el nivel del agua fue uniformemente inferior al de la superficie del suelo, y en mayo se registró su nivel más bajo (-123.5 cm). El nivel más alto registrado fue de 30 cm en diciembre, pero debe aclararse que estos fueron registros puntuales y que, durante el período de inundaciones, el nivel del agua fluctúa amplia, frecuente y rápidamente en función de las avenidas y tormentas locales, y así es como dicho nivel oscila desde menos que 50 cm hasta 200 cm sobre el suelo. El desarrollo fenológico del popal culmina con el término del período de inundación, cuando comienza a decaer su parte aérea y a entrar en letargo sus órganos subterráneos (rizomas y raíces). Así, la quema tradicional del popal en marzo (para milpa marceña, pesca y captura de quelonios) o en abril y mayo (solo

months can be considered as a cautious estimate of the annual net primary productivity of the popal. The estimated dried biomass of popal was  $65.1 \pm 48.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$ , that of associated grasses was  $2.4 \pm 0.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$  and of necromass was  $6.2 \pm 5.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$ . These biomass estimates are in agreement with that published by Ruvalcaba (1982), of  $126.68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}$  of fresh biomass, and with the range reported by Jananer & Jolánkai (2008) for emerged heliophyte grasslands, from 30 to  $120 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$  of dry matter. Although the aerial biomass of perennifolia high forest can be 200 to  $600 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}$  dry matter, its net productivity (i.e., the annual increase in biomass) only varies between 8 and  $16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$  of dry matter (Ghazoul & Sheil, 2010). Thus, tropical swamp grasslands stand out as being among the most productive ecosystems, due to the peculiarities of their habitat and the corresponding adaptations of their flora (Jananer & Jolánkai, 2008; Smith & Smith, 2009).

As for the dynamics of the popal, it seems clear that as long as the flooding or hydroperiod pattern that conditions its origin is present and persists, the popal will remain without significant changes that would question its nature as a formation or type of primary vegetation. On the other hand, the reduced number of species capable of establishing, developing and competing in this special habitat, the specialized root system of its dominant species, and the coincidence of the slash and burn of the popal with the end of its phenological development, explain the absence of secondary succession that could result from this severe exogenous disturbance.

#### *The process of milpa marceña in popales*

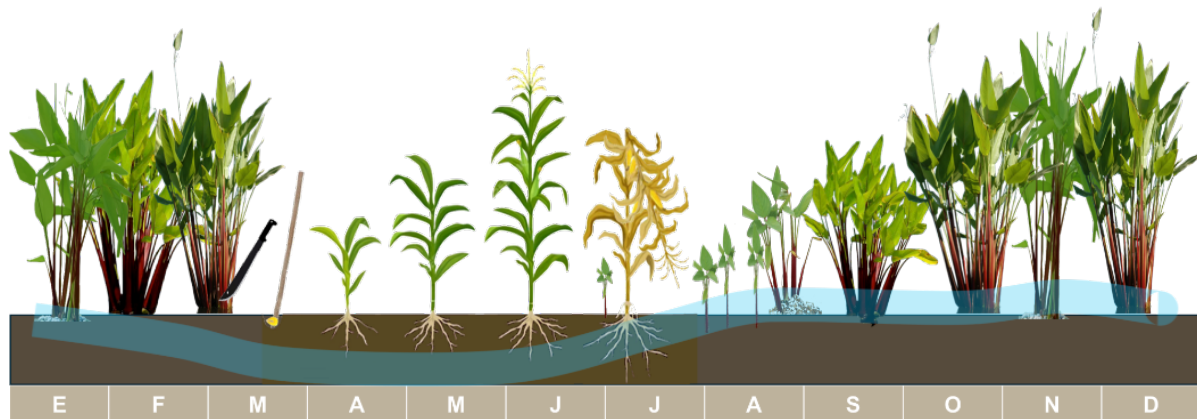
The following description of the milpa in march or marceña is based on and integrates what has been published by Ruvalcaba (1982), Mariaca (1993, ídem 1996), Orozco (1999) and Maimone et al. (2006), except when other sources are credited. Figure 4 schematizes the annual “cielo” of the milpa marceña. Milpas marceñas in popales are still practiced on a family scale, i.e., according to the availability of labor force of each family, therefore, their extension varies 1.0 and 2.0 ha. Only the traditional cultivar called Mején is used for the milpa marceña, with some variations in the color of the grain, but predominantly white.

para el aprovechamiento de fauna), reseñada por Gil & Sáenz (1872), probablemente contribuye a la persistencia de esta formación vegetal, al favorecer un rebrote vigoroso y muy competitivo, a partir de un sistema radical sin pérdida de reservas causada por la reproducción sexual y por los tejidos aéreos senescentes, y sin obstáculos en la superficie.

En el popal de Santa Teresa antes mencionado, en marzo de 1991 se estimó la biomasa aérea y la necromasa sobre la superficie del suelo. Estos materiales corresponderían a lo acumulado por el herbazal desde la última deshierba de la milpa marceña (principios de junio), previa al doblamiento de las cañas del maizal, hasta el inicio del nuevo ciclo en marzo; así, la biomasa acumulada en estos 10 meses puede considerarse como estimador conservador de la productividad primaria neta anual del popal. La biomasa desecada de popal estimada fue de  $65.1 \pm 48.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ , la de los zacates asociados de  $2.4 \pm 0.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$  y la de la necromasa de  $6.2 \pm 5.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$ . Estas estimaciones de biomasa son concordantes con la publicada por Ruvalcaba (1982), de  $126.68 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}$  de biomasa fresca, y con la amplitud reseñada por Jananer & Jolánkai (2008) para herbazales emergidos de helófilas, de 30 a  $120 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$  de materia aérea seca. Aunque la biomasa aérea de la selva alta perennifolia puede ser de 200 a  $600 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}$  de materia seca, su productividad neta (esto es, el incremento anual de su biomasa) solo varía entre 8 y  $16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-2}\cdot\text{año}^{-1}$  de materia seca (Ghazoul & Sheil, 2010). Así, los herbazales de pantano tropicales destacan por ser de los ecosistemas más productivos, debido a las peculiaridades de su hábitat y las adaptaciones correspondientes de su flora (Jananer & Jolánkai, 2008; Smith & Smith, 2009).

En cuanto a la dinámica del popal, parece claro que mientras se presente y persista el patrón de inundación o hidropériodo que condiciona su origen, el popal permanecerá sin cambios significativos que cuestionen su naturaleza como formación o tipo de vegetación primaria. Por otra parte, el número tan reducido de especies capaces de establecerse, desarrollarse y competir en este hábitat tan especial, el sistema radical especializado de sus especies dominantes, y la coincidencia de la roza y quema del popal con el término de su desarrollo fenológico, explican la ausencia de sucesión secundaria que podría resultar de esta fuerte perturbación exógena.

**Figure 4. Annual sequence of the milpa in the popal (*Thalia geniculata* L.).**  
**Figura 4. Secuencia anual de la milpa en el popal (*Thalia geniculata* L.).**



In the popal zone, the relatively dry period of the year is from february to may; therefore, between the end of february and the beginning of march, the water level in the popal is already slightly above or below ground level. Then the process begins, when the popal is cut with a machete from its base (roza) and other herbaceous are removed, particularly grasses; this job is programmed so that when it is finished, the water level is between 10 and 15 cm below ground level, an ideal condition for planting. Cutting popal grass close to the ground is necessary to delay as much as possible the competitive effect of its regrowth on newly emerged maize. The cut popal grass stems take four to six days to dry, and at the same time, the topsoil is aerated during this time, which facilitates burning and sowing.

Planting is carried out after cutting the popal or, alternatively, one week later, immediately after burning the dry stems. If planting is done before burning, there may be greater predation of germinating seeds by rodents and ants, but the growing seedlings will have nutrients derived from the ashes of the burned stems a week later, that is, before the tips of the maize seedlings emerge from the surface of the planting hole and can be damaged by fire; in addition, this delays the severe competition from popal regrowth for a few more days. However, if planting is done after burning the dry popal stems, the seeds and seedling plants will suffer less damage from predation by rodents and ants, and planting will be more evenly spaced, as it will be done on cleared ground.

#### *El proceso de la milpa marceña en popales*

La descripción siguiente de la milpa de marzo o marceña está basada e integra lo publicado por Ruvalcaba (1982), Mariaca (1993, ídem 1996), Orozco (1999) y Maimone et al. (2006), excepto cuando se acreditan otras fuentes. En la Figura 4 se esquematiza el ciclo anual de la milpa marceña. Las milpas marceñas en popales aún se practican en escala familiar, es decir, de acuerdo con la disponibilidad de fuerza de trabajo de cada familia; por ello, su extensión varía entre 1.0 y 2.0 ha. Para la milpa marceña solo se utiliza el cultivar tradicional denominado Mején, con algunas variantes de color del grano, pero con predominio del blanco. En la zona de popales el período relativamente seco del año es de febrero a mayo; por ello, entre finales de febrero y principios de marzo el nivel del agua en el popal ya está ligeramente encima o debajo del nivel del suelo. Entonces se inicia el proceso, cuando con machete se corta el popal desde su base (roza) y se extirpan otras herbáceas, particularmente los zacates; este trabajo se programa de manera que cuando se termine, el nivel del agua esté entre 10 y 15 cm debajo del nivel del suelo, condición ideal para sembrar. El corte rasante del popal es necesario para retrasar al máximo el efecto competitivo de su rebrote sobre el maíz recién emergido. Los vástagos cortados del popal tardan de cuatro a seis días en secarse y a la vez, el suelo superficial se oreo durante este tiempo, con lo cual la quema y la siembra se facilitan.

La siembra se realiza al terminar de cortar el popal o, alternatively, una semana después, enseguida de quemar los vástagos secos. Si la siembra se ade-

Planting is manually done with a planting stick, which is made from a straight stem or branch, 1.2 to 2.0 m long and 5 to 8 cm in diameter, obtained from species known for their outstanding hardness and density, and whose thinner upper end is sharpened and hardened over a fire. When thrust vertically, the tip of the planting stick penetrates 10 to 15 cm into the soil; then, without removing it, it is pushed forward to clear the bottom of the hole, where the seeds are thrown, which are covered with some soil that falls when the planting stick is removed. The spatial pattern of sowing generally corresponds to an average distance of 1.0 m between holes, and rows are formed with this separation; the average number of five seeds per hole varies from four to seven, depending on the expected climatic conditions and the farmer's estimate of predation, both of seeds by mice and ants and of newly emerged seedlings by birds; no thinning is done, except to transplant to holes with no or few seedlings, where reseeding with almost germinated seed is also common. The final corn density varies between 32,000 and 42,000 plants per hectare. The first written description (almost identical) of this method of sowing and cultivating maize in "lands with trees and reeds" was made by Fernández de Oviedo (1851:264-265) for the present-day Dominican Republic in the mid-16th century. Inter-cropped with maize, it is common to plant melon (*Cucumis melo* L.) and watermelon (*Citrullus lanatus* (Thumb) Matsum. & Nakai) and occasionally also cucumber (*Cucumis sativus* L.) and squash (*Cucurbita argyrosperma* Hort. Hubert), early crops characterized by requiring dry, sunny days, as they are intolerant to excessive soil humidity (Sauer, 1993) and have a great capacity to cover the ground with their creeping stems and large leaves, thus inhibiting the development of weeds (Rice & Vandermeer, 1990). In small spaces surrounded by cornfields, beans, some vegetables such as tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.), onions (*Allium cepa* L.), chili peppers (*Capsicum annuum* L.), and tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) are sometimes planted.

The first weeding with a machete and at ground level, is done between 20 and 30 days after planting, when the offshoots begin to exceed the height of the maize plants. Between 75 and 90 days after planting, a light weeding is done, just to make the subsequent

lanta a la quema puede presentarse mayor depredación de semilla en germinación por roedores y hormigas, pero las plantitas en desarrollo dispondrán de nutrientes derivados de las cenizas de los vástagos quemados una semana después, esto es, antes que las puntas de las plantitas de maíz sobresalgan de la superficie del hoyo de siembra y puedan sufrir daño por el fuego; además, de esta forma la competencia severa del rebrote del popal se retrasa unos días más. Pero si se siembra después de quemar los vástagos secos del popal, la semilla y las plantitas sufrirán menos daños por depredación de roedores y hormigas, y la siembra resulta espacialmente más regular, al realizarse sobre el terreno despejado.

La siembra se realiza manualmente con el espeque o palo sembrador, el cual se prepara de un tallo o rama recta, de 1.2 a 2.0 m de longitud y a 5 a 8 cm de diámetro, obtenido de especies reconocidas por su dureza y densidad sobresalientes, y cuyo extremo superior más delgado se afila y endurece al fuego. Al impulsarlo verticalmente, la punta del espeque se clava de 10 a 15 cm en el suelo; luego, sin extraerlo, se le empuja hacia el frente para despejar el fondo del hoyo, donde se arrojan las semillas, las cuales quedan cubiertas con algo de suelo que les cae al retirar el espeque. El patrón espacial de la siembra en general corresponde a una distancia media de 1.0 m entre hoyos y se trabaja formando hileras con dicha separación; el número medio de cinco semillas por hoyo varía de cuatro a siete, de acuerdo con las condiciones climáticas esperadas y con la depredación estimada por el campesino, tanto de semilla por ratones y hormigas, como de plántulas recién emergidas por aves; no se hacen aclareos, excepto para trasplantar a hoyos sin o con pocas plántulas, donde también se suele sembrar con semilla casi germinada. La densidad final de maíz varía entre 32 000 y 42 000 plantas por hectárea. La primera descripción escrita (casi idéntica) de este método de siembra y cultivo de maíz en "tierras de arboleadas y cañaverales", la hizo Fernández de Oviedo (1851:264-265) para la actual República Dominicana a mediados del siglo XVI. Intercalados con el maíz, es común que se siembren melón (*Cucumis melo* L.) y sandía (*Citrullus lanatus* (Thumb) Matsum. & Nakai) y ocasionalmente también pepino (*Cucumis sativus* L.) y calabaza (*Cucurbita argyrosperma* Hort. Hubert), cultivos preco-

job easier of the folding at the height of the internode below the knot of insertion of cob; this ancestral practice widespread in the warm-humid regions of Mexico, its purpose is to hinder predation by birds of the cob, prevent its rotting due to rain water entering through the apex, and promote their final drying.

Between two and four weeks after the folding, the cobs begin to be harvested, either gradually throughout June and July or in a single operation. By then, the popal is usually flooded and its regrowths are already protruding from the water; for this reason, the later gradual harvest is usually done from canoes. The corn is harvested on the cob, covered only with the inner bracts. To do this, a pointed tool made of bone and attached to the ring finger with a leather ring is used to make a longitudinal cut in the outer bracts to access the cob, which is firmly covered with the inner bracts. The cob is then bent until the stalk breaks and it is separated from the stem.

The data presented in the descriptions collected is inaccurate; thus, estimates of 10 to 11 t·ha<sup>-1</sup> appear to refer to whole, fairly moist cobs, and when they refer to grain (2.5 to 4.5 t·ha<sup>-1</sup>), the moisture content is unknown. Experimentally, in a Marceña cornfield, an estimated yield of 3.3 t·ha<sup>-1</sup> of dry grain (100% DM) was obtained with the traditional Mején cultivar, significantly higher than the yield of three improved cultivars (Aguirre et al., 2019). The work required for one hectare of milpa marceña, from clearing the popal to harvesting, is about 35 six-hour days of adult family labor: a) three days to cut the popal, b) three to make the firebreak and burn, c) five days for sowing and reseedling, d) ten days for the first weeding, e) another four days for weeding to clear the field, f) five days for the folding, and g) another five days for harvesting. In contrast, the slash-and-burn cornfields of Yucatan, for example, require about 15 additional days for production (Cortina, 1995; Mariaca et al., 1995). In a recent study (Peraza et al., 2019), 203 plots of milpa marceña were located directly in the field in eight municipalities of Tabasco, mainly in Comalcalco, Nacajuca, and Cunduacan, which would be equivalent to only about 400 ha; however, these authors estimated that 18.4% of Tabasco's land area currently has potential for milpa marceña.

ces caracterizados por requerir de días secos y soleados, por ser intolerantes a los excesos de humedad edáfica (Sauer, 1993), y por su gran capacidad para cubrir el suelo con sus tallos rastreros y grandes hojas, e inhibir así el desarrollo de arvenses (Rice & Vandermeer, 1990). En espacios reducidos y rodeados por la milpa, en ocasiones se siembra frijol, algunas hortalizas como jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.) y chiles (*Capsicum annuum* L.), y tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)

La primera deshierba, con machete y a ras del suelo, se hace entre 20 y 30 días después de la siembra, cuando los rebrotes del popal comienzan a superar la altura de las plantas de maíz. Entre 75 y 90 días después de la siembra se hace una deshierba ligera, solo para facilitar el trabajo subsecuente del doblamiento de los tallos del maíz a la altura del entrenudo inferior al nudo de inserción de la mazorca; esta práctica ancestral, generalizada en las regiones cálidas – húmedas de México, tiene como propósito dificultar la depredación por aves de la mazorca, impedir sus pudriciones por la entrada de agua de lluvia por el ápice y favorecer su secado final.

Entre dos y cuatro semanas después del doblamiento de las cañas, las mazorcas comienzan a cosecharse, en forma gradual durante junio y julio, o en una sola operación. Para entonces el popal suele estar inundado y sus rebrotes ya sobresalen del agua; por ello, la cosecha gradual más tardía suele hacerse desde canoas. El maíz se cosecha en mazorca, cubierta solo con las brácteas interiores; para ello, con una herramienta puntiaguda hecha de hueso y sujeta con un aro de cuero al dedo cordial, se hace un corte longitudinal a las brácteas exteriores para acceder a la mazorca cubierta firmemente con las brácteas interiores, para luego doblarla hasta romperle el pedúnculo y separarla del tallo.

El rendimiento presentado en las descripciones recopiladas adolece de imprecisiones; así, las estimaciones de 10 a 11 t·ha<sup>-1</sup> parecen tratarse de mazorcas enteras y bastante húmedas y cuando se refieren a grano (de 2.5 a 4.5 t·ha<sup>-1</sup>) se desconoce su porcentaje de humedad. De manera experimental, en una milpa marceña se obtuvo un rendimiento estimado de 3.3 t·ha<sup>-1</sup> de grano seco (100 % MS) con el cultivar tradicional Mején, por encima significativamente del rendimiento de tres cultivares mejorados (Aguirre et

*The Mején maize of the milpa marceña*

The fundamental component of the milpa marceña is the traditional cultivar or maize variant called Mején. According to Santamaría (1992), this name comes from the mayan mehén, which means small son or creature, and that “In Tabasco and the southeastern region in general, a certain kind of maize of small, soft and very fine grain”. In addition to tiny, Bastarrachea et al. (1992) include the meaning of Mején as son of man or begotten by a man. When referring to mején, Gil & Sáenz (1884) state that “This is a small but superior maize, and although it is unique in its class, it shares the colors of the others”; the colors referred to by this author for the maize varieties grown in other environments in Tabasco are white, red, purple, black, “atabacado” (brown), and yellow. In an evaluation of the industrial quality of maize grain from nine regional varieties (Jiménez et al., 2015), Mején grain stood out for its greater hardness and higher raw protein content.

Mején is characterized by large plants, from 2.2 m (Aguirre et al., 2019), 2.8 (Ruvalcaba, 1982) up to 3.1 m (De la Cruz et al., 2006), with about 20 leaves (Aguirre et al., 2019) and insertion of the first cob at an average height from the ground between 1.42 m (Aguirre et al., 2019) and 1.62 m (De la Cruz et al., 2006), with no risk of lodging due to water support, but with cob height enough to rid the maximum level of the first floods of the rainy season. In an experimental milpa marceña (Aguirre et al., 2019), mején produced 3.3 t of dry grain, equivalent to 3.8 t with 14 % humidity; on the other hand, in another experiment, with the technical recommendations for commercial production, carried out outside the environment and the marceño period, the mején produced 3.0 t of grain, when the twelve remaining variants, between commercial and under selection, produced from 2.6 to 4.4 t (De la Cruz et al., 2006). Thus, the yield of mején marceño is relatively high for tropical conditions in Mexico (Puente et al., 1963; Lane et al., 1997).

With the morphological characteristics (great height and abundant leaves) and the high yield associated with them (Ustimenko-Bakumovski, 1982), mején is similar to the Mexican maize varieties of medium to low altitudes, with the longest growing (about 200 days), such as Jala, Comiteco, Tehua and Olotillo, catalogued as prehistoric mestizo varieties by Wellhau-

al., 2019). El trabajo requerido para una hectárea de milpa marceña, desde la roza del popal hasta la cosecha, es de unas 35 jornadas de seis horas, de personas adultas de la familia: a) tres jornadas para cortar el popal, b) tres para hacer el corta fuego y la quema, c) cinco jornadas para la siembra y resiembra, d) diez jornadas para la deshierba primera, e) otras cuatro requiere la deshierba para despejar, f) cinco jornadas se toma el doblamiento de cañas, y g) otras cinco son para la cosecha. En cambio, las milpas de roza-tumba-quema de Yucatán, por ejemplo, requieren de unas 15 jornadas adicionales para su producción (Cortina, 1995; Mariaca et al., 1995).

En un trabajo reciente (Peraza et al., 2019) se localizaron directamente en el campo 203 parcelas con milpa marceña en ocho municipios de Tabasco, principalmente de Comalcalco, Nacajuca y Cunduacán, lo cual sería equivalente a solo unas 400 ha; pero estos autores estimaron que el 18.4 % de la superficie de Tabasco actualmente presenta potencial para milpa marceña.

*El maíz Mején de la milpa marceña*

El componente fundamental de la milpa marceña es el cultivar tradicional o variante de maíz denominado Mején. Según el tabasqueño Santamaría (1992), este nombre deriva del maya mehén, que significa hijo pequeño o criatura, y que “En Tabasco y región del sureste en general, cierta clase de maíz de grano pequeño, suave y muy fino”. Además de pequeño y chico, Bastarrachea et al. (1992) incluyen para Mején, la acepción: hijo de hombre o engendrado por algún hombre. Al referirse al mején Gil & Sáenz (1884) afirma que “Este es un maíz chico pero superior, y aunque en su clase es uno, participa de los colores de los demás”; los colores referidos por este autor para las variantes de maíz cultivadas en otros ambientes de Tabasco son el blanco, rojo, morado, negro, “atabacado” (castaño) y amarillo. En una evaluación de la calidad industrial del grano de maíz de nueve variantes regionales (Jiménez et al., 2015), el grano de Mején destacó por su mayor dureza y mayor contenido de proteína cruda.

El Mején se caracteriza por sus plantas de gran tamaño, desde 2.2 m (Aguirre et al., 2019), 2.8 (Ruvalcaba, 1982) y hasta 3.1 m (De la Cruz et al., 2006), con alrededor de 20 hojas (Aguirre et al., 2019) y la inserción

sen et al. (1951), which, because of their cycle longer than 150 days, are classified as ultra delays (Durán, 1996). On the other hand, 120 days after sowing, mején reached physiological ripeness (Aguirre et al., 2019), that is, it presented hard grains, with less than 20-25 % humidity and completely dry leaves, so that its growing season would only be classified as "intermediate" (Durán, 1996). This way, the mején is truly unique, as it is the main element of an extraordinary agricultural system, it breaks the general pattern for maize, in other terms, the earlier the plant ripens, the shorter it is and the fewer leaves it (Purseglove, 1972; Ustimenko-Bakumovski, 1982), and that the longer the growing cycle, the higher the yield (Durán, 1996). The precise adjustment of the mején to four months in a production system as unique as the milpa marceña cannot be mere coincidence; rather, it can be recognized as the logical result of a long process of humanization in the wetland environment.

Among the peculiarities of the mején is the shape of the corn. In this regard, Díaz (1964) points out that in Mexico the variants of maize with cylindrical corns are native to warm regions located between variants 0 and 1000 msnm; (meters above the sea level) those with semi-cylindrical corns are typical of regions between 1,200 and 1,900 msnm; and the variants with conical corns correspond to high valleys, between 1,900 and 2,700 msnm. So, due to the morphological characteristics of the plant and the corn, and its geographical and ecological distribution, Mején appears to be clearly related to the Olotillo and Dizit Bacal varieties (Table 1), as documented below.

In addition to the comparative attributes presented in Table 1, of 14 corns from Cunduacan we obtained the average weight of cob (21.8 g), the average weight of corn with bracts, joloche or totomoxtle (212.9 g), the average number of bracts per corn (7.8), the average weight of the bracts per corn (25.0 g) and the average weight of grain per corn (159.1 g); Figure 5 shows the variation in the appearance of Mején corns found in this collection.

Olotillo Variety. This maize is characterized by its long, thin and cylindrical corns and by its thin and flexible cob; its known distribution in the forties of the last century was concentrated in Chiapas, specifically in the upper river basin of Grijalva River, in the Central Depression and in the high parts (100 a 500

de la primera mazorca a una altura media del suelo entre 1.42 m (Aguirre et al., 2019) y 1.62 m (De la Cruz et al., 2006), sin riesgo de acame por el soporte del agua, pero con altura de la mazorca suficiente para librar el nivel máximo de las primeras inundaciones de la temporada lluviosa. En una milpa marceña experimental (Aguirre et al., 2019), el mején produjo 3.3 t de grano seco, equivalentes a 3.8 t con 14 % de humedad; en cambio, en otro experimento, con las recomendaciones técnicas para producción comercial, realizado fuera del ambiente y del periodo marceño, el mején produjo 3.0 t de grano, cuando las doce variantes restantes, entre comerciales y bajo selección, produjeron de 2.6 a 4.4 t (De la Cruz et al., 2006). Así, el rendimiento del mején marceño es relativamente elevado para lo usual en las condiciones tropicales de México (Puente et al., 1963; Lane et al., 1997).

Con estas características morfológicas (gran altura y abundantes hojas) y de alto rendimiento asociado a ellas (Ustimenko-Bakumovski, 1982), el mején resulta semejante a las razas mexicanas de maíz de altitudes medias a bajas, con el ciclo de cultivo más prolongado (unos 200 días), como Jala, Comiteco, Tehua y Olotillo, catalogadas como razas mestizas prehistóricas por Wellhausen et al. (1951), las cuales, por su ciclo mayor de 150 días son calificadas como ultratardías (Durán, 1996). En cambio, en 120 días después de sembrado, el mején alcanzó la madurez fisiológica (Aguirre et al., 2019), esto es, presentó los granos duros, con menos que 20-25 % de humedad y hojas completamente secas, de manera que por su ciclo de cultivo sería calificado solo como "intermedio" (Durán, 1996). Así, el mején es toda una singularidad, pues constituye el elemento principal de un sistema agrícola extraordinario, se sale del patrón general para maíz, de que a mayor precocidad resulta menor estatura y menos hojas (Purseglove, 1972; Ustimenko-Bakumovski, 1982), y que a mayor duración del ciclo de cultivo se genera mayor rendimiento (Durán, 1996). El ajuste preciso del mején a los cuatro meses de un sistema de producción tan singular como lo es la milpa marceña es imposible que sea casual, más bien, se puede reconocer como el resultado lógico de un proceso dilatado de humanización en el ambiente del humedal.

Entre las peculiaridades del mején destaca la forma de la mazorca. Al respecto, Díaz (1964) señala que en

**Table 1. Averages of some attributes of Mején maize and its probable ancestors.**  
**Cuadro 1. Promedios de algunos atributos del maíz mején y de sus ancestros probables.**

| Attribute /Atributo                                                        | Olotillo <sup>1</sup>         | Dzit Bacal <sup>2</sup> | Mején <sup>3</sup> |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1. Altitudinal amplitude (msnm) / 1. Amplitud altitudinal (msnm)           | 10-1870                       | 0.782                   | 1-10               |
| 2. Growing season (without irrigation) / 2. Período de cultivo (sin riego) | Jun-Oct, Nov-Mar <sup>4</sup> | Jun-Oct                 | Mar-Jun            |
| 3. Days to physiological ripeness / 3. Días a la madurez fisiológica       | 150                           | 140                     | 116                |
| 4. Plant height (m) / 4. Altura de la planta (m)                           | 3.00                          | 2.90                    | 2.70               |
| 5. Number of leaves / 5. Número de hojas                                   | 20                            | 18                      | 19                 |
| 6. Height of the lower corn (m) / 6. Altura de la mazorca inferior (m)     | 150                           | 1.55                    | 1.50               |
| 7. Corn length (cm) / 7. Longitud de la mazorca (cm)                       | 17.61                         | 15.33                   | 16.87              |
| 8. Central diameter of corn (cm) / 8. Diámetro central de la mazorca (cm)  | 3.96                          | 3.70                    | 4.45               |
| 9. Number of corn rows / 9. Número de hileras de la mazorca                | 10.06                         | 11.04                   | 11.55              |
| 10. Grains per row / 10. Granos por hilera                                 | 44.0                          | 30.72                   | 39.60              |
| 11. Central diameter of the cob (cm) / 11. Diámetro central del olote (cm) | 2.04                          | 2.10                    | 2.41               |
| 12. Weight of 100 grains (g) / 12. Peso de 100 granos (g)                  | 29.66                         | 24.43                   | 34.90              |
| 13. Grain length (mm) / 13. Longitud del grano (mm)                        | 11.63                         | 10.30                   | 10.53              |
| 14. Grain width (mm) / 14. Anchura del grano (mm)                          | 9.82                          | 9.10                    | 8.93               |
| 15. Grain thickness (mm) / 15. Grosor del grano (mm)                       | 3.80                          | 3.55                    | 4.65               |

<sup>1</sup> Wellhausen et al. (1951); Ruiz et al. (2008); Sierra et al. (2014); Rendón et al. (2015); Hernández et al. (2020). /

<sup>1</sup> Wellhausen et al. (1951); Ruiz et al. (2008); Sierra et al. (2014); Rendón et al. (2015); Hernández et al. (2020).

<sup>2</sup> Ortega (1973); Burgos et al. (2004); Camacho y Chávez (2004); Ruiz et al. (2008); González et al. (2017); Morales y Padilla (2017); dos Santos et al. (2019); Villalobos et al. (2019). /

<sup>2</sup> Ortega (1973); Burgos et al. (2004); Camacho y Chávez (2004); Ruiz et al. (2008); González et al. (2017); Morales y Padilla (2017); dos Santos et al. (2019); Villalobos et al. (2019).

<sup>3</sup> De la Cruz et al. (2006); Jiménez et al. (2012); Morales et al. (2017); Aguirre et al. (2019); Unpublished data from 14 corns from ejido Gregorio Méndez, Cunduacán, Tabasco (2022). /

<sup>3</sup> De la Cruz et al. (2006); Jiménez et al. (2012); Morales et al. (2017); Aguirre et al. (2019); Datos inéditos de 14 mazorcas procedentes del ejido Gregorio Méndez, Cunduacán, Tabasco (2022).

<sup>4</sup> Only on the Gulf of Mexico side (Tornamilpa). / <sup>4</sup> Solo en la vertiente del Golfo de México (Tornamilpa).

<sup>4</sup> Solo en la vertiente del Golfo de México (Tornamilpa).

msnm) from the coastal plains extending to Guerrero (Wellhausen et al., 1951). Later (Ortega, 1973), it was documented in Chiapas as the variety with more variants of colors and textures of the grain and sizes of the corn (even with branched corns), and the most adaptable to poor soils, up to 1 600 m of altitude, and with rainfall greater than 800 mm; in addition, its ease of manual shelling and the qualities of its grain also favored its greater commercial appreciation. Based on the collections from Chiapas deposited in the INIFAP germplasm bank until 2003, Perales & Hernández (2005) found that the samples from Chiapas were of the highest commercial value and that samples corresponding to Olotillo (87) came from 37 localities in 24 municipalities, which were only surpassed by the collections from Tuxpeño (217) and Comiteco (149), among their 87 collections, white (64) and yellow (26) grains predominated, but there were also purple (2), black (2) and red (5). Recently (Hernández et al., 2020), 15 variants of Olotillo, distinguished by color and tone of the grain, were do-

México las variantes de maíz con mazorcas cilíndricas son originarias de regiones cálidas situadas entre 0 y 1000 msnm; que las de mazorcas semicilíndricas son propias de regiones entre 1200 y 1900 msnm; y que las variantes con mazorcas cónicas corresponden a valles altos, entre 1900 y 2700 msnm. Así, por las características morfológicas de la planta y de la mazorca, y por su distribución geográfica y ecológica, el Mején parece claramente relacionado con las razas Olotillo y Dizit Bacal (Cuadro 1), como se documenta enseguida.

Además de los atributos comparativos presentados en el Cuadro 1, de 14 mazorcas procedentes de Cunduacán se obtuvo el peso medio del olote (21.8 g), el peso medio de la mazorca con brácteas, joloche o totomoxtle (212.9 g), el número medio de brácteas por mazorca (7.8), el peso medio de las brácteas por mazorca (25.0 g) y el peso medio de grano por mazorca (159.1 g); en la **Figura 5** se muestra la variación en el aspecto de las mazorcas de Mején, encontrada en dicha recolecta.

**Figure 5. Aspects of variation found in a sample of 14 corns of Mejen maize from Cunduacan, Tabasco (2022).**  
**Figura 5. Aspectos de la variación encontrada en una muestra de 14 mazorcas de maíz Mején procedentes de Cunduacán, Tabasco (2022).**



cumented in only five of the six municipalities of Frailesca region of Chiapas. There are documented collections of Olotillo maize in the germplasm banks from 16 states, an amount only surpassed by Tuxpeño variety, represented in 25 states of the republic; among the states with the largest collections of Olotillo are Chiapas (34), Puebla (40), Guerrero (73) and Veracruz (162) (Ortega et al., 2013a), and the absence of samples from Oaxaca stands out, in spite of the statement by Wellhausen et al. (1951). Indeed, in a study in five municipalities of the Sierra Sur of Oaxaca (Rendón et al., 2015), Olotillo stood out, among the 10 varieties recorded, for its greater number of variants (14) and for having an altitude range of 1 921 m of cultivation surpassed only by Tuxpeño (1 950 m) and Tepecintle (1 941 m).

Based on the field data, more than 4,000 collections deposited in maize germplasm banks, Ruiz et al. (2008) found an altitudinal range of 10 to 1 870 msnm (average of 731 m), the third highest, after Ta-

Raza Olotillo. Este maíz se caracteriza por sus mazorcas largas, delgadas y cilíndricas y por su olote delgado y flexible; su distribución conocida en los años cuarenta del siglo pasado estaba concentrada en Chiapas, específicamente en la cuenca superior del río Grijalva, en la Depresión Central y en las partes altas (100 a 500 msnm) de las planicies costeras extendidas hasta Guerrero (Wellhausen et al., 1951). Posteriormente (Ortega, 1973), se le documentó en Chiapas como la raza con más variantes de colores y texturas del grano y de tamaños de la mazorca (incluso con mazorcas ramificadas), y la más adaptable a suelos pobres, hasta 1 600 m de altitud, y con precipitaciones mayores que 800 mm; además, que su facilidad para desgranarse manualmente y las cualidades de su grano también favorecían su mayor aprecio comercial. Con base en las recolectas de Chiapas depositadas en el banco de germoplasma del INIFAP hasta 2003, Perales & Hernández (2005) encontraron que las muestras correspondientes a

bloncillo and Tuxpeño; at the same time, the average temperature during the growing season is 24.7 °C (range from 18.7 a 28.6 °C) and average rainfall of 1 267 mm (range from 649 to 2 899 mm), making Olotillo the second most adaptable variety, surpassed only by Tuxpeño. With the environmental data collected, Ruiz et al. (2008) made a multivariable variety classification that was concordant and complementary with the variety classifications based on morphology, geographic distribution and genetic data. (Sánchez et al., 2000).

Dzit Bacal Variety. In general, this maize variant is currently considered a race, but it was initially proposed as a sub race of Olotillo by Wellhausen et al. (1951), who, when comparing it with the Olotillo of Chiapas, pointed out that it has smaller and more crystalline grains, and more flexible cob. It is pertinent to note that these authors recognized the problem of establishing the original area of both varieties, when they indicated that "Some maize of eight rows of Olotillo variety found in Guerrero, are apparently similar to the Dzit Bacal of Yucatan". In this respect, it is convenient to consider the greater cultural antiquity of that region of the Pacific (particularly Soconusco) than that of Yucatan peninsula (Blake et al., 1992; Clark, 1994).

The close relationship between Olotillo and Dzit Bacal has been confirmed with multivariate classifications based on morphological (Ortega et al., 2013a; Morales & Padilla, 2017) and environmental data from the respective growing areas (Ruiz et al., 2013). Between 2000 and 2010 22 samples of Dzit Bacal (which were deposited in the germplasm bank of INIFAP) were collected from the states of Campeche (nine), Chiapas (six), Yucatan (four) and Quintana Roo (three), but there were already probable collections of this variety from the states of Guerrero, Veracruz, San Luis Potosí and Tamaulipas until 2006 (Ortega et al., 2013b). In an experiment conducted by Villalobos et al. (2009), in Pocyaxum, Campeche (30 msnm), established in July and repeated two years, 13 variants were evaluated, among them Dzit Bacal, which produced the second highest grain yield (4 417 kg·ha<sup>-1</sup>, with 14 % humidity), presented only four aborted grains per corn and 406 grains per corn with a weight of 93 g. In contrast, in another experiment (Dos Santos et al., 2019) conducted in Tizimín, Yucatan (17 msnm),

Olotillo (87) procedían de 37 localidades de 24 municipios, que solo fueron superadas por las recolectas de Tuxpeño (217) y las de Comiteco (149), y que entre sus 87 recolectas predominaron las de grano blanco (64) y amarillo (26), pero hubo también de color morado (2), negro (2) y rojo (5). Recientemente (Hernández et al., 2020) se documentaron 15 variantes de Olotillo, distinguidas por el color y tono del grano, en solo cinco de los seis municipios de la región Frailesca de Chiapas.

Del maíz Olotillo existen en los bancos de germoplasma recolectas documentadas procedentes de 16 estados, cantidad solo superada por la raza Tuxpeño, representada en 25 estados de la república; entre los estados con mayores recolectas de Olotillo destacan Chiapas (34), Puebla (40), Guerrero (73) y Veracruz (162) (Ortega et al., 2013a), y sobresale la ausencia de muestras de Oaxaca, a pesar del señalamiento de Wellhausen et al. (1951). En efecto, en un estudio en cinco municipios de la Sierra Sur de Oaxaca (Rendón et al., 2015), Olotillo destacó, entre las 10 razas registradas, por su mayor número de variantes (14) y por presentar 1 921 m de amplitud altitudinal de cultivo, solo superado por Tuxpeño (1 950 m) y por Tepecintle (1 941 m).

Con base en los datos de campo, más de 4 000 recolectas depositadas en los bancos de germoplasma de maíz, Ruiz et al. (2008) encontraron registrados para Olotillo una amplitud altitudinal de 10 a 1 870 msnm (promedio de 731 m), la tercera mayor, después que las correspondientes a Tabloncillo y Tuxpeño; a la vez, que la temperatura media durante su período de cultivo es de 24.7 °C (amplitud de 18.7 a 28.6 °C) y precipitación media de 1 267 mm (amplitud de 649 a 2 899 mm), con lo cual Olotillo resultó ser la segunda raza más adaptable, superada solo por Tuxpeño. Con los datos ambientales recopilados, Ruiz et al. (2008) realizaron una clasificación racial multivariable que resultó concordante y complementaria con las clasificaciones raciales basadas en datos de morfología, distribución geográfica y genética (Sánchez et al., 2000).

Raza Dzit Bacal. En general, esta variante de maíz es considerada en la actualidad como una raza, pero inicialmente fue propuesta como subraza de Olotillo por Wellhausen et al. (1951), quienes al compararlo con el Olotillo de Chiapas señalaron que tiene granos más pequeños y cristalinos, y el olote más flexible.

established with irrigation and fertilization in February and harvested in June, two different samples of Dzit Bacal plus 10 other traditional variants were included, which outperformed as they only produced 2.79 and 3.42 t·ha<sup>-1</sup>, but stood out by producing on average 1.3 and 2.0 corns per plant respectively. Thus, the growing season seems to be critical for Dzit Bacal, as well as for Mején.

Regarding the name of this variety, it seems that Wellhausen et al. (1951) adopted the expression used in Spanish closest to the Mayan name. In this regard, Arias et al. (2007) applied themselves to establish the Mayan names of the maize traditionally cultivated in Yucatán, and found that the one corresponding to Dzit Bacal is “ts iit bakal”, which could be translated as “olote para limpiar el ano” (cob to clean the anus). In fact, Mariaca (1993, ídem 1996) recorded the preference of Mején cob for this purpose, since it is thin, flexible and with silky glumes.

## Conclusions

The popal or popalería, one of the primary ecosystems of the great wetlands of the Gulf of Mexico and possibly the most productive of them, required for its permanent agricultural use the development of the milpa marceña, a production system adjusted to its natural cyclical dynamics.

The main component of this production system is Mején maize, a traditional cultivar probably derived from Dzit Bacal variety, with a growing season cycle of only four months, but with a grain yield similar to that of late tropical maize, possibly due to its great capacity to take advantage of the favorable conditions of humidity and fertility of the popal.

## Acknowledgments

Authors thank three anonymous reviewers for their valuable comments and for reviewing the manuscript. We would like to thank Rogelio Lara González for his support in designing figures 3 and 4.

*End of English version*

## References / Referencias

Aguirre R., J. R.; Zavala C. J.; Ortiz C. G.; Andrade T. A.; Salgado G. S.; Ortiz C., A. I. (2019). Wet agriculture in the

Es pertinente notar que estos autores reconocieron el problema de establecer el área original de ambas razas, al indicar que “Algunos maíces de ocho hieles del tipo Olotillo que se encuentran en Guerrero, aparentemente son similares a la subraza Dzit Bacal de Yucatán”. Al respecto, es conveniente considerar la mayor antigüedad cultural de esa región del Pacífico (particularmente del Socomusco) que la de la península de Yucatán (Blake et al., 1992; Clark, 1994).

La relación estrecha entre Olotillo y Dzit Bacal se ha confirmado con las clasificaciones multivariantes basadas en datos morfológicos (Ortega et al., 2013a; Morales & Padilla, 2017) y en datos ambientales de las áreas de cultivo respectivas (Ruiz et al., 2013). Entre 2000 y 2010 se recolectaron 22 muestras de Dzit Bacal (las cuales se depositaron en el banco de germoplasma del INIFAP), procedentes de los estados de Campeche (nueve), Chiapas (seis), Yucatán (cuatro) y Quintana Roo (tres), pero en dicho banco ya existían hasta 2006, recolectas probables de esta raza procedentes de los estados de Guerrero, Veracruz, San Luis Potosí y Tamaulipas (Ortega et al., 2013b).

En un experimento realizado por Villalobos et al. (2009), en Pocyaxum, Campeche (30 msnm), establecido en julio y repetido dos años, se evaluaron 13 variantes, entre ellas el Dzit Bacal, el cual produjo el segundo mayor rendimiento de grano (4 417 kg·ha<sup>-1</sup>, con 14 % de humedad), presentó solo cuatro granos abortados por mazorca y 406 granos por mazorca con peso de 93 g. En cambio, en otro experimento (Dos Santos et al., 2019) realizado en Tizimín, Yucatán (17 msnm), establecido con riego y fertilización en febrero y cosechado en junio, se incluyeron dos muestras diferentes de Dzit Bacal más otras 10 variantes tradicionales, las cuales superaron en rendimiento pues solo produjeron 2.79 y 3.42 t·ha<sup>-1</sup>, pero se destacaron al producir en promedio 1.3 y 2.0 mazorcas por planta, respectivamente. Así, el periodo de cultivo parece ser crítico para el Dzit Bacal, al igual que para el Mején.

En relación con el nombre de esta raza, parece que Wellhausen et al. (1951) adoptaron la expresión usada en español más próxima al nombre en maya. Al respecto, Arias et al. (2007) se aplicaron para establecer los nombres en maya de los maíces cultivados tradicionalmente en Yucatán, y encontraron que el correspondiente a Dzit Bacal es “ts iit bakal”, el cual

lowlands: maize marceña. *Agrosystems, Geosciences and Environment*. 2(1):1-16.

Arias, L. M.; Latournerie, L.; Montiel, S.; Sauri, E. (2007). Cambios recientes en la diversidad de maíces criollos de Yucatán, México. *Universidad y Ciencia*. 23(1): 69-74.

Bastarrachea, J. R.; Yah P. E.; Briceño Ch, F. (1992). *Diccionario básico español/ maya/ español*. Maldonado. Mérida, Yucatán. México. 134 p.

Barrera V., A. (1991). *Diccionario maya*. 2ª Ed. Porrúa. México. 1344 p.

Beard, J. S. (1944). Climax vegetation in tropical America. *Ecology*. 25 (2): 127-158.

Beard, J. S. (1955). Classification of tropical American vegetation. *Ecology*. 36(1): 89-100.

Blake, M.; Chisholm B. S.; Clark J. E.; Voorhies B.; Love M., W. (1992). Prehistoric subsistence in the Socomusco region. *Current Anthropology*. 33(1):83-94.

Boul, S. W.; Southard, R. J.; Graham R. C.; McDaniel P. A. (2003). *Soil genesis and classification*. 5<sup>th</sup> ed. Blackwell. Ames, Iowa. USA. 494 p.

Burgos M., L. A.; Chávez S., J. L.; Ortiz C., J. (2004). Variabilidad morfológica de maíces criollos de la península de Yucatán, México. En: J. L. Chávez S.; J. Tuxill; D. I. Jarvis (Eds.). *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. IPGRI. Cali, Colombia. pp. 58-66.

Camacho V., T. C.; Chávez S., J. L. (2004). Diversidad morfológica del maíz criollo de la región centro de Yucatán, México. En: Chávez S., J. L.; Tuxill J.; Jarvis, D. I. (Eds.). *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. IPGRI. Cali, Colombia. pp. 47-57.

Clark, J. E. (1994). Antecedentes de la cultura olmeca. En: J. E. Clark (Coord.). *Los olmecas en Mesoamérica*. El Equilibrista. México. pp. 31-41.

Cortina V., H. S. (1995). La milpa tradicional en Becanchén. En: E. Hernández X.; E. Bello B.; S. Levy T. (Comps.). *La milpa en Yucatán*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México 1:201-223.

De la Cruz L., E.; Osorio O., R.; Mendoza P., J. R.; Estrada B., J. D.; Brito M., N. P.; Córdova O., H. (2006). Relación entre rendimiento y sus componentes en genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. En: M. Hernández M. (Comp.). *Semana de divulgación y video científico UAJT 2006*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. México. pp. 265-270.

Díaz del P., A. (1964). *El Maíz: cultivo-fertilización, cosecha*. 2ª ed. B. Trucco. México. 393 p.

podría traducirse como "olote para limpiar el ano". En efecto, Mariaca (1993, ídem 1996) registró la preferencia del olote de Mején para este propósito, por ser delgado, flexible y con glumas sedosas.

## Conclusiones

El popal o popalería, uno de los ecosistemas primarios del gran humedal del Golfo de México y posiblemente el más productivo de ellos, requirió para su aprovechamiento agrícola permanente del desarrollo de la milpa marceña, un sistema de producción ajustado a su dinámica cíclica natural.

El componente principal de dicho sistema de producción es el maíz Mején, cultivar tradicional derivado probablemente de la raza Dzit Bacal, con ciclo de cultivo de solo cuatro meses, pero con rendimiento de grano similar al de los maíces tropicales tardíos, posiblemente por su gran capacidad para aprovechar las condiciones favorables de humedad y fertilidad del popal.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a tres revisores anónimos por sus valiosos comentarios y la revisión del manuscrito. Agradecemos a Rogelio Lara González por el apoyo en el diseño de las figuras 3 y 4.

*Fin de la versión en español*

Dos Santos, L. F. C.; Garruña R.; Andueza M., R. H.; Latournerie M., L.; Mijangos C., J. O.; Pineda D., A. (2019). Comportamiento agronómico y fisiológico de maíces nativos del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(6): 1247-1258.

Duchaufour, P. (1975). *Manual de edafología*. Toray- Masson. Barcelona. España. 476 p.

Durán A., J. M. (1996). Una síntesis agrobiológica y comercial del maíz. En: J. López L. (Ed.). *El maíz, de grano celeste a híbrido industrial*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. pp. 111-166.

Fernández de Oviedo y V., G. (1851). *Historia general y natural de las Indias, islas y tierra firme del mar océano*. Real Academia de la Historia. Madrid. España. 632 p.

Flores M., G.; Jiménez L., J.; Madrigal S., X.; Moncayo R., F.; Takaki F., F. (1971). Mapa y descripción de los tipos de vegetación

- de la República mexicana. Dirección de Agrología, Secretaría de Recursos Hidráulicos. México. 59 p.
- Font Quer, P. (1953). Diccionario de botánica. Labor. Barcelona. España. 1244 p.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. UNAM. México. 90 p.
- García de M., E.; Falcón de G., Z. (1993). Nuevo atlas Porrúa de la República mexicana. 6ª Ed. Porrúa. México. 219 p.
- Ghazoul, J.; Sheil, D. (2010). Tropical rain forest ecology, diversity and conservation. Oxford University Press. Oxford. UK. 516 p.
- Gil y Sáenz, M. (1872). Compendio histórico, geográfico y estadístico del estado de Tabasco. Editado por el autor. San Juan Bautista, Tabasco. México. 252 p.
- Gil y Sáenz, M. (1884). El caporal o indicaciones, para la agricultura, ganadería y pastos artificiales de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. México. 156 p.
- González V., N. A.; Cetzal Ix, W. R.; Martínez P., J. F.; Soria F., M. J.; Burgos C., M. A.; Arcocha G., E. (2017). Razas y variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) en la península de Yucatán, México. Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche. México. 29 p.
- Gutiérrez E., M. (2008). Geomorfología. Pearson. Madrid. España. 898 p.
- Hardy, F. (1970). Suelos tropicales, pedología tropical con énfasis en América. Herrero. México. 334 p.
- Hernández R., M. A.; Guevara H., F.; Basterrechea B., J. L.; Coutiño E., B.; La O. A., M. A.; Pinto R., R. (2020). Diversidad y conservación de maíces locales de la Frailesca, Chiapas, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 43(4):471-479.
- Jananer, G. A.; Jolánkai G. (2008). Lotic vegetation processes. In: D. Harper; M. Zalewski; N. Pacini (Eds.). Ecohydrology: processes, models and case studies. CABI. Wallingford, Oxfordshire. UK. pp. 46-61.
- Jiménez J., J. A.; Arámbula V. G.; de la Cruz L., E.; Aparicio T., M. A. (2015). Calidad nixtamalera y tortillera de maíces del trópico húmedo de México. *Phyton*. 84:1-7.
- Jiménez J., J. A.; Arámbula V. G.; de la Cruz L., E.; Aparicio M., A. T. (2012). Características del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia*. 28(2):145-152.
- Lane R., M.; Aguirre R., J. R.; González, J. (1997). Producción campesina del maíz en San Lorenzo Tenochtitlán. En: A. Cyphers (Coord.). Población, subsistencia y medio ambiente en San Lorenzo Tenochtitlán. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM. México. pp.55-73.
- López M., R. (1980). Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas. UACH. Chapingo, México. 121 p.
- Lugo H., J. (1989). Diccionario geomorfológico. UNAM. México. 337 p.
- Maimone C., M. R.; Aliphat; D. M.; Martínez, C.; Ramírez V., B.; Valdez H., J. I.; Macías L., A. (2006). Manejo tradicional de humedales tropicales y su análisis mediante sistemas de información geográfica (SIGs): el caso de la comunidad maya-chontal de Quintín Arauz, Centla, Tabasco. *Universidad y Ciencia*. 22(1):27-49.
- Mariaca M., R. (1993). Características tecnológicas del sistema marceño de cultivo de maíz en las tierras bajas de Tabasco. *Geografía Agrícola*. 18: 69-76.
- Mariaca M., R. (1996). El ciclo marceño en tierras bajas pantanosas de Tabasco: producción tradicional de maíz altamente eficiente. *Agrociencia*. 30: 279-286.
- Mariaca M., R.; Hernández X., E.; Castillo M., A.; Moguel O., E. (1995). Análisis estadístico de una milpa experimental de ocho años de cultivo continuo bajo roza-tumba-quema en Yucatán, México. En: E. Hernández X.; E. Bello B.; S. Levy T. (Comps). La milpa en Yucatán. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. 2: 339-368.
- Miranda, F. (1958). Estudios acerca de la vegetación. En: E. Beltrán (Ed.). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. IMRNR. México. 2:215-271.
- Miranda, F.; E. Hernández X. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28:29-179.
- Morales V., G.; Padilla V., J. (2017). Variedades locales de maíz en comunidades CH'oles de Tacotalpa, Tabasco. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. 3(7):49-56.
- Ortega C., A.; Guerrero H., M. de J.; Preciado O., R. E.; Cota A., O. (2013a). Razas de maíz: relaciones fitogenéticas y geográficas. En: A. Ortega C.; M. de J. Guerrero H.; R. E. Preciado O. (Eds.). Diversidad y distribución del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Colegio de Postgraduados e INIFAP. Montecillo, Texcoco, México. pp. 21-43.
- Ortega C., A.; Guerrero H., M. de J.; Hernández C., J. M.; Preciado O., R. E.; Vidal M., V. A.; Gómez M., N. O.; Sierra M., M.; Aguilar C., G.; Castillo R., A.; Valadez G., J.; García H., M.; Palacios V., O.; Rincón S., F. (2013b). Diversidad y distribución de los maíces nativos en México. En: A. Ortega C.; M. de J. Guerrero H.; R. E.

- Preciado O. (Eds.). Diversidad y distribución del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Colegio de Postgraduados e INIFAP. Montecillo, Texcoco, México. pp. 47-171.
- Ortega P., R. A. (1973). Variación de maíz y cambios socio-económicos en Chiapas, Méx. 1946-1971. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México, México. 199 p.
- Orozco S., A. D. L. (1999). El marceño en las zonas inundables de Tabasco. En: A. González J.; S. del Amo R. (Eds.). Agricultura y sociedad en México: diversidad, enfoques, estudios de caso. Plaza y Valdés México. pp. 111-122.
- Perales R., H.; Hernández C., J. M. (2005). Diversidad del maíz en Chiapas. En: González E., M.; Ramírez M., M.; Ruiz M., L. (Eds.). Diversidad biológica de Chiapas. Plaza y Valdés. México. pp. 337-355.
- Peraza V., H.; Casas, A.; Lindig C., R.; Orozco S., A. (2019). The marceño agroecosystem: traditional maize production and wetland management in Tabasco, México. *Sustainability*. 11(7):1-18.
- Portugal C., E. C. (2015). Diccionario de la lengua náhuatl. Porrúa. México. 952 p.
- Puente F., F.; Sánchez D., H.; Chávez R., S.; Laird R., J. (1963). Prácticas de fertilización y población óptima para siembras de maíz en las regiones tropicales de Veracruz. Folleto Técnico No. 45. INIA. México. 53 p.
- Purseglove, J. N. (1972). Tropical crops, Monocotyledons. Longman. London, UK. 607 p.
- Rendón A., B.; Aguilar R., V.; Aragón M., M. del C.; Ávila C., J. F.; Bernal R., L. A.; Bravo A., D.; Carrillo G., G.; Cornejo R., A.; Delgadillo D., E.; Hernández C., G.; Hernández H., M.; López A., A.; Sánchez G., J. M.; Vides B., E.; Ortega P., R. (2015). Diversidad de maíz en la Sierra Sur de Oaxaca, México: conocimiento y manejo tradicional. *Polibotánica*. 39:151-174.
- Rice, R. A.; Vandermeer, J. (1990). Climate and the geography of agriculture. In: C. R. Carroll; J. H. Vandermeer; P. M. Rosset (Eds.). *Agroecology*. Mc Graw – Hill. New York. USA. pp. 21-63.
- Ritter, D. F. (2002). Floodplains. *Encyclopaedia Britannica*. 15<sup>th</sup> ed. Chicago, Illinois. USA. 26: 863-868.
- Robelo, C. A. (1904). Diccionario de aztequismos. Editado por el autor. Cuernavaca, Morelos. México. 505 p.
- Ruiz C., J. A.; Durán P., N.; Sánchez G., J. de J.; Ron P., J.; González E., D. R.; Holland, J. B.; Medina G., G. (2008). Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 Mexican maize races. *Crop Science*. 48: 1502-1512.
- Ruiz C., J. A.; Ortega C., A.; Ramírez O., G.; Guerrero H., M. de J.; Sánchez G., J. de J. (2013). Distribución actual de las razas mexicanas de maíz. En: A. Ortega C.; M. de J. Guerrero H.; R. E. Preciado O. (Eds.). *Diversidad y distribución del maíz nativo y sus parientes silvestres en México*. Colegio de Postgraduados e INIFAP. Montecillo, Texcoco, México. pp. 175-208.
- Ruvalcaba M., J. (1982). Tecnología y productividad de las tierras bajas de Tabasco. *Geografía Agrícola*. 2:139-147.
- Sánchez G., J. J.; Goodman M., M.; Stuber C., W. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize in Mexico. *Economic Botany*. 54 (1): 43-59.
- Santamaría, F. J. (1992). Diccionario de mexicanismos. 5ª Ed. Porrúa. México. 1207 p.
- Sauer, J. R. (1993). Historical geography of crop plants. CRC. Boca Raton, Florida. USA. 309 p.
- Schaetzl, R. J.; Thompson M., L. (2015). Soils genesis and geomorphology. 2nd ed. Cambridge University Press. New York, NY. USA. 778 p.
- Sierra M., M.; Andrés M. P.; Palafox C. A.; Meneses M. L.; Francisco R., R.; Zambada M., A.; Rodríguez M., F.; Espinoza C., A.; Tadeo R., M. (2014). Variación morfológicas de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el estado de Veracruz, México. *Agroproductividad*. 7(1):56-61.
- Siméon, R. 1977. Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana. Siglo Veintiuno. México. 783 p.
- Smith, T. M.; Smith R., L. (2009). Elements of ecology. 7<sup>th</sup> ed. Pearson. San Francisco, California. USA. 649 p.
- Tamayo, J. L. (2013). Geografía moderna de México. 13ª Ed. Trillas. México. 544 p.
- Ustimenko – Bakumovski, G. V. (1982). El cultivo de plantas tropicales y subtropicales. MIR. Moscú, URSS. 427 p.
- Villalobos G., A.; López H., M. B.; Valdivia G., N. A.; Arocha G., E.; Medina M., J. (2019). Variabilidad morfológica de maíz nativo (*Zea mays* L.) en la península de Yucatán, México. *Agroproductividad*. 12(11):15-20.
- Wellhausen, E. J.; Roberts L., M.; Hernández X., E.; Mangelsdorf P., C. (1951). Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales, SAG. México. 237p.
- Whitmore, T.M.; Thurner II. B., L. (2001). Cultivated landscapes of Middle America on the eve of conquest. Oxford University Press. Oxford. UK. 311p.