

# CONOCIMIENTO CAMPESINO SOBRE FERTILIZACIÓN DEL MAÍZ EN COMUNIDADES MAZAHUA (JÑATJO) DE MÉXICO

## PEASANT KNOWLEDGE ABOUT MAIZE FERTILIZATION IN MAZAHUA (JÑATJO) COMMUNITIES OF MEXICO

Rocio Albino-Garduño<sup>1</sup>, Horacio Santiago-Mejía<sup>1\*</sup>, Aidé Avendaño-Gómez<sup>2</sup>, Lizbeth González-Álvarez<sup>1</sup>, Rosaura Cruz-Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Intercultural del Estado de México. Libramiento Francisco Villa S.N. Col. Centro. San Felipe del Progreso Estado de México. 50640. <sup>2</sup>Universidades para el Bienestar Benito Juárez García. Gabriel Leyva y Rosales, Badiraguato, Sinaloa. 80500 (horacio.santiago@uiem.edu.mx)

### RESUMEN

La fertilización es un factor determinante en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Sin embargo, el conocimiento indígena de este proceso es poco documentado para su revaloración. El objetivo fue analizar los factores involucrados en la fertilización campesina del maíz. Se realizaron entrevistas estructuradas, observación participativa y un cuestionario a 103 campesinos de tres comunidades mazahuas: San Juan Coajomulco, Fresno Nichi y San Pedro el Alto, Estado de México, en el año 2015. Se hizo análisis multivariable. El índice de fidelidad, fuentes, dosis y costos de fertilización fueron calculados. El rendimiento del grano estimado se comparó con la referencia regional. El índice de fidelidad mostró que la altura de la planta, la floración femenina y el color de las hojas determinan el momento de la fertilización. Los análisis multivariables mostraron que la similitud entre la fertilización campesina también se debe a la comunidad de origen, ocupación, superficie cultivada y cantidad de fósforo aplicada. Los campesinos combinan fertilizantes minerales con estiércol; el costo promedio anual fue \$4043 MX por hectárea. El rendimiento del grano en dos de las comunidades fue mayor que el reportado localmente. Los campesinos practican el diálogo de saberes al incorporar la tecnología sin dejar atrás su conocimiento tradicional.

**Palabras clave:** conocimiento tradicional, diálogo de saberes, tecnología.

### INTRODUCCIÓN

Los grupos originarios en México producen alimentos básicos en superficies pequeñas, usando técnicas intensivas en conocimiento, que a menudo se transmiten a través de la familia, y en gran

\* Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: julio, 2019. Aprobado: abril, 2020.

Publicado como ARTÍCULO en ASyD 18: 305-320. 2021.

### ABSTRACT

Fertilization is a defining factor in maize (*Zea mays* L.) yield. However, indigenous knowledge about this process is scarcely documented for its revaluation. The objective was to analyze the factors involved in peasant fertilization of maize. Structured interviews, participative observation, and a questionnaire were carried out with 103 farmers from three Mazahua communities: San Juan Coajomulco, Fresno Nichi and San Pedro el Alto, in Estado de México, during the year 2015. A multivariable analysis was conducted. The index of fidelity, sources, doses, and costs of fertilization were calculated. The grain yield estimated was compared to the regional reference. The fidelity index showed that plant height, female flowering, and leaf color determine the moment of fertilization. The multivariable analyses showed that the similarity between farmer fertilization is also due to the community of origin, occupation, cultivated surface, and amount of phosphorus applied. Farmers combine mineral fertilizers with manure; the average annual cost was \$4043 MX per hectare. The grain yield in two of the communities was higher than the one reported locally. Farmers practice dialogue of knowledges when incorporating technology without leaving behind their traditional knowledge.

Key words: traditional knowledge, dialogue of knowledges, technology.

### INTRODUCTION

Native groups in Mexico produce staple food crops on small surfaces, using knowledge-intensive techniques, which are often transmitted through family, and do not depend on external inputs, to a large extent (Altieri and Toledo, 2011). Throughout time, farmers have developed

medida no dependen de insumos externos (Altieri y Toledo, 2011). A través del tiempo, los campesinos han desarrollado sistemas de producción adaptados a las condiciones ambientales en que producen, las necesidades de consumo familiar, las especies locales e insumos de que disponen (Cervantes-Herrera *et al.*, 2015). Algunos autores afirman que los grupos indígenas poseen una matriz cognitiva de conocimiento, creencias y prácticas que dan fe de su naturaleza holística y son parte de su memoria biocultural (Toledo, 2013, Berkes, 2017). A esa matriz cognitiva se le agregan constantemente nuevos conocimientos externos o técnicas probadas con el fin de mejorar el manejo de sus sistemas productivos. Los conocimientos revelados por un solo campesino son en realidad la expresión individualizada de la colectividad a la que pertenece. Ese conocimiento es transmitido en una escala temporal y espacial a su familia, a otros miembros de la comunidad (Toledo y Barrera-Bassols, 2008) y está en constante evolución.

El grupo originario mazahua habita 13 municipios del Estado de México (CEDIPIEM, 2011) una parte del estado de Michoacán y la zona límite con Querétaro. En las comunidades mazahuas, el maíz es el cultivo principal y de autoconsumo. Monroy *et al.* (2018) indican que a pesar de la baja rentabilidad del cultivo, las familias campesinas lo protegen por seguridad alimentaria, por tradición y por mantener los terrenos en actividad agrícola. En la región estudiada, el maíz se siembra como monocultivo o en policultivo como milpa. Además del maíz, otras especies comúnmente cultivadas en la milpa mazahua son las habas (*Vicia faba* L.), calabazas (*Cucurbita* sp.), avena (*Avena sativa*), y chícharos (*Pisum sativum* L.) (Chávez y Vizcarra, 2008).

Los campesinos mazahuas conservan maíces nativos precoces y de ciclo largo; de colores rojo, negro, blanco, amarillo y rosado; adaptados a riego o temporal (Castillo-Nonato and Chávez-Mejía, 2013). La generación de campesinos mayores a 50 años de edad conservan con mayor frecuencia la diversidad de maíces nativos, realizan rituales asociados a la milpa y cultivan más especies con el maíz, en comparación de la población de menor edad (Monroy *et al.*, 2018).

Los agroecosistemas tradicionales pueden ofrecer soluciones a muchas de las incertidumbres actuales que enfrenta la humanidad en la era del pico del petróleo, el cambio climático global y la crisis financiera (Altieri y Toledo, 2011). Sin embargo, no todas las

production systems adapted to the environmental conditions where they produce, the needs for family consumption, the local species and the inputs that are available (Cervantes-Herrera *et al.*, 2015). Some authors affirm that indigenous groups have a cognitive matrix of knowledge, beliefs and practices that attest to their holistic nature and are part of their biocultural memory (Toledo, 2013, Berkes, 2017). There are new external knowledge or proven techniques that are added to this cognitive matrix, with the aim of improving the management of their productive systems. The knowledge revealed by a single farmer is in reality the individualized expression of the collectivity to which he belongs. This knowledge is transmitted at a temporal and spatial scale to his/her family and to other members of the community (Toledo and Barrera-Bassols, 2008), and it is in constant evolution.

The Mazahua indigenous group resides in three states, 13 municipalities of Estado de México (CEDIPIEM, 2011), a part of the state of Michoacán and the zone that borders Querétaro. In Mazahua communities, maize is the main crop and subsistence crop. Monroy *et al.* (2018) indicate that despite the low profitability of the crop, peasant families protect it because of food security, tradition, and to maintain the lands in agricultural activity. In the region studied, maize is planted as monoculture or in polyculture as *milpa*. In addition to maize, other commonly cultivated species in the Mazahua *milpa* are fava bean (*Vicia faba* L.), squash (*Cucurbita* sp.), oat (*Avena sativa*), and peas (*Pisum sativum* L.) (Chávez and Vizcarra, 2008).

Mazahua farmers conserve precocious native maize landraces of long cycle; of red, black, white, yellow and pink colors; adapted to irrigation or rainfed (Castillo-Nonato and Chávez-Mejía, 2013). The generation of peasants older than 50 years of age conserve the diversity of native maize landraces, perform rituals associated to the *milpa*, and cultivate more species along with maize more frequently compared to the younger population (Monroy *et al.*, 2018).

Traditional agroecosystems can offer solutions to many of the current uncertainties that humanity faces at the peak of the petroleum, global climate change and financial crisis era (Altieri and Toledo, 2011). However, not all traditional practices or scientific knowledge are socialized or sufficient, and

prácticas tradicionales ni los conocimientos científicos son socializados ni suficientes, y algunos requieren ser complementados con innovaciones en las que se integren ambos.

El rendimiento potencial de un cultivo, como el maíz, se alcanza cuando la especie no tiene limitaciones de fertilización, agua, control de malezas, plagas y enfermedades (Fererer y Villalobos, 2016). Este trabajo está enfocado en el factor fertilización. Hay 17 elementos minerales esenciales para el desarrollo de las plantas (Alcántar *et al.*, 2012). Estos se proporcionan al cultivo a través de abonos, fertilizantes químicos, o naturalmente mediante procesos biogeoquímicos. Los tres principales elementos esenciales, usados en la agricultura, son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), conocidos en combinación como N-P-K. Toledo (2013) indica que los campesinos indígenas usan solo una pequeña fracción de fertilizantes comerciales y producen impactos ecológicos bajos. En México, se sabe poco sobre las dosis y las fuentes utilizadas en los sistemas agrícolas indígenas. El objetivo de este trabajo fue analizar los factores involucrados en la fertilización del maíz, por campesinos de tres comunidades mazahuas, para la revaloración de los saberes locales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el ciclo de cultivo primavera-verano de 2015 (marzo a noviembre) en tres comunidades mazahuas, del Estado de México: San Juan Coajomulco (SJC) en el municipio de Jocotitlán, San Pedro el Alto (SPA) y Fresno Nichi (FN) en el municipio de San Felipe del Progreso (Figura 1; Cuadro 1). En estas comunidades el cultivo del maíz se ha documentado previamente (Castillo-Nonato y Chávez-Mejía, 2013; Corona, 2017; Vásquez *et al.*, 2018; Monroy *et al.*, 2018;), existe población indígena mazahua y una estrecha relación con las comunidades (Cuadro 1).

En las tres comunidades, el clima es templado subhúmedo, con más de 800 mm de lluvia entre junio - septiembre y heladas entre octubre - febrero (Arriaga-Jordán *et al.*, 2005; INEGI, 2009). Las comunidades se clasifican con alto grado de marginalización y pobreza moderada a extrema (SEDESOL y CONEVAL, 2017) (Cuadro 1). Las parcelas de cultivo estaban en planicies en SPA, y en laderas en SJC y FN. De las parcelas estudiadas en SJC y FN, 100%

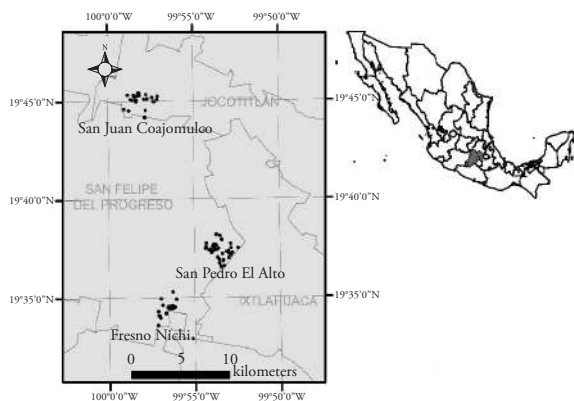
some require to be complemented with innovations that integrate both.

The potential yield of a crop such as maize is reached when the species does not have limitations of fertilization, water, weed control, pests and diseases (Fererer and Villalobos, 2016). This study is focused on the fertilization factor. There are 17 essential mineral elements for the development of plants (Alcántar *et al.*, 2012). These are provided to the crop through manures, chemical fertilizers, or naturally through biogeochemical processes. The three main essential elements used in agriculture are nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), known in combination as N-P-K. Toledo (2013) indicates that indigenous peasants use only a small fraction of commercial fertilizers and produce low ecological impacts. In Mexico, little is known about the doses and the sources used in indigenous agricultural systems. The objective of this study was to analyze the factors involved in maize fertilization by farmers from three Mazahua communities, for the reevaluation of local knowledge.

## MATERIALS AND METHODS

The study was carried out during the spring-summer growing season of 2015 (March to November) in three Mazahua communities of Estado de México: San Juan Coajomulco (SJC) in the municipality of Jocotitlán, and San Pedro el Alto (SPA) and Fresno Nichi (FN) in the municipality of San Felipe del Progreso (Figure 1; Table 1). In these communities, maize management was documented previously (Castillo-Nonato and Chávez-Mejía, 2013; Corona, 2017; Vásquez *et al.*, 2018; Monroy *et al.*, 2018), where there are indigenous Mazahua populations and a close relationship with communities (Table 1).

The climate in the study communities is sub-humid temperate, with more than 800 mm of rainfall between June and September, and frosts between October and February (Arriaga-Jordán *et al.*, 2005; INEGI, 2009). The communities are classified with high degree of marginalization and moderate to extreme poverty (SEDESOL and CONEVAL, 2017) (Table 1). The farming plots were on plains in SPA, and on the hillsides in SJC and FN. From the plots studied in SJC and FN, 100% were rainfed; in SPA 81% and the remainder of this community had irrigation.



**Figura 1.** Zona de estudio: San Juan Coajomulco, San Pedro el Alto y Fresno Nichi; Estado de México. Cada punto corresponde a una parcela de maíz estudiada.

**Figure 1.** Study zone: San Juan Coajomulco, San Pedro el Alto and Fresno Nichi; Estado de México. Each point corresponds to one plot of maize studied.

fueron de temporal; en SPA 81% y el restante de esta comunidad tuvo punta de riego.

Antes de iniciar el estudio, en cada comunidad, se obtuvo el permiso de la autoridad local (comisariado ejidal) de cada sitio. La información de campo se obtuvo a través de entrevistas estructuradas y observación participativa de acuerdo a Albuquerque *et al.* (2014). Se elaboró un cuestionario sobre los conocimientos relacionados con el proceso de fertilización y el manejo del cultivo de maíz. Las categorías cualitativas fueron: sexo, ocupación, estado de la propiedad, especies cultivadas con el maíz, tipo de semilla de maíz (nativa o híbrida), tipo de suelo (de acuerdo a su clasificación campesina), actividad laboral, tipos de fertilizantes utilizados, sitio de compra, características

Before starting the study, permission was obtained in each community from the local authority (*ejido* commissary) in each site. The field information was obtained through structured interviews and participant observation according to Albuquerque *et al.* (2014). A questionnaire on the knowledge related to the fertilization process and the management of the maize crop was elaborated. The qualitative categories were: sex, occupation, status of the property, species species in mixed crops with maize, type of maize seed (native or hybrid), soil type (according to its peasant classification), work activity, types of fertilizers used, purchase site, characteristics that determine the time of fertilization, and whether peasants have received any training to fertilize maize. The quantitative variables were: age, cultivated surface, density of maize plantation (plants ha<sup>-1</sup>), number of fertilizations, doses, cost of the fertilization dose used, and yield of crops. The density of the plantation was estimated with field data, during the cultivation cycle, in 10 plots per community. Based on results from the interviews regarding the mineral fertilizers and manures used by each farmer in their plot, the dose of fertilization per hectare was estimated for each. The estimation of costs for mineral and organic fertilization per plot was conducted with the prices from the year 2015, without including transport to the plot.

The informants selected for the interviews were people with experience in maize cultivation, they were growing it during the year of study, they were originally from the community and were available for the interview; they were selected because of their greater knowledge about the fertilization process. The

**Cuadro 1.** Características de las comunidades campesinas mazahuas estudiadas en ciclo de cultivo del año 2015.

**Table 1.** Characteristics of Mazahua farming communities in the 2015 growing season.

	Comunidad		
	San Juan Coajomulco (SJC)	Fresno Nichi (FN)	San Pedro El Alto (SPA)
Habitantes (número de personas)	5137	2434	4925
Ejidatarios (número de personas)	250	125	385
Población indígena (%)	9.58	48.64	56.73
Coordenadas geográficas	99°58'6.9" O, 19°45'11" N	99°56'56" O, 19°34'0.9" N	99°54'23" O, 19°36'39.9" N
Altitud (msnm)	2646	2896	2651
Clima	C(w2)	C(w2)	C(w2)
Suelos	Andosol ócrico	Andosol mólico	Planosol mólico
Temperatura	Media anual entre 12-18°C, del mes más frío entre -3 y 18°C y del mes más caliente bajo 22°C.		

(INIFAP y CONABIO, 1995; García y CONABIO, 1998; INEGI, 2009; INEGI, 2010a; INEGI, 2010b).

que determinan el tiempo de fertilización y si han recibido alguna capacitación para fertilizar el maíz. Las variables cuantitativas fueron: edad, superficie cultivada, densidad de plantación del maíz (plantas ha<sup>-1</sup>), número de fertilizaciones, dosis, costo de la dosis de fertilización utilizada y rendimiento de los cultivos. La densidad de plantación fue estimada con datos de campo, durante el ciclo de cultivo, en 10 parcelas por comunidad. Con base en los resultados de las entrevistas, sobre los fertilizantes minerales y estiércoles utilizados por cada campesino en su parcela, se estimó la dosis de fertilización por hectárea para cada una. La estimación de los costos de fertilización mineral y orgánica por parcela se hizo con los precios del año 2015, sin incluir el transporte a la parcela.

Los informantes seleccionados para las entrevistas fueron personas con experiencia en el cultivo de maíz, lo cultivaban en el año de estudio, eran originarios de la comunidad y estuvieron disponibles para la entrevista; porque estas personas poseen mayor conocimiento del proceso de fertilización. Se utilizó el método de muestreo no probabilístico “bola de nieve”. El grupo inicial de agricultores nos conectaron con otros que cumplían con los criterios previamente establecidos (por la naturaleza del estudio no se calculó el tamaño de muestra). Bajo estos criterios, se trabajó con un total de 103 personas (30 campesinos en FN y SJC, y 43 en SPA).

La información obtenida de las entrevistas, con todos los informantes, se codificó e introdujo en dos matrices de datos, la primera de 103 columnas (informantes) y 58 filas (respuestas cualitativas positivas (1) y negativas (0)); la segunda con 8 filas (respuestas cuantitativas relacionadas con la dosis de fertilización). Con la matriz cualitativa se realizaron análisis de coordenadas principales (PCO) y con la matriz cuantitativa el análisis de componentes principales (PCA) (Palacio *et al.*, 2020). En el primero, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre individuos y variables; mientras que en el segundo, la agrupación se realizó a través del índice de similitud Jaccard (Sneath and Sokal, 1973).

También se calculó el Índice de Fidelidad (IF) con los cinco factores utilizados para decidir cuándo fertilizar. El IF (Friedman *et al.*, 1986) se calculó utilizando la siguiente fórmula:  $IF = Ip/Iu$ , donde  $Ip$  es el número de informantes que responden positivamente en cada pregunta y  $Iu$  el número total de respuestas positivas para cada sección del cuestionario. Este índice se utilizó para

non-probabilistic “snowball” sampling technique was used. The initial group of farmers connected the researchers with others that complied with the criteria previously established (due to the nature of the study the size of the sample was not calculated). Under these criteria, work was done with a total of 103 people (30 farmers in FN and SJC each, and 43 in SPA).

The information obtained from the interviews, with all the informants, was codified and introduced into two data matrix, the first of 103 columns (informants) and 58 rows (positive (1) and negative (0) qualitative responses); the second with 8 rows (quantitative responses related with the dose of fertilization). Principal Coordinate Analysis (PCO) was conducted with the qualitative matrix, and Principal Components Analysis (PCA) with the quantitative matrix (Palacio *et al.*, 2020). Pearson's correlation coefficient between individuals and variables was calculated in the first, while in the second, clusters were made through Jaccard's similarity index (Sneath and Sokal, 1973).

The Fidelity Index (FI) was also calculated with the five factors used to decide when to fertilize. The FI (Friedman *et al.*, 1986) was calculated using the following formula:  $FI = Ip/Iu$ , where  $Ip$  is the number of informants that respond positively in each question and  $Iu$  is the total number of positive responses for each section of the questionnaire. This index was used to measure the degree of consensus between informants and the relative importance of each criterion of fertilization for the three communities studied.

The grain yield was estimated from field data in the harvest, from 10 plots per community. The estimated values of grain yield were compared with the local reference using the one sample t-test in the SPSS® software version 23. A comparison between the doses of fertilization used by peasants and the doses recommended for the region studied was carried out with the same test (ICAMEX, 2020).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Profile of Interview Respondents

The average age of interviewees was 55 years ( $n=103$ ,  $SD=7.5$ ) and the highest percentage of them were men (Table 2). The age of the peasants



medir el grado de consenso entre informantes y la importancia relativa de cada criterio de fertilización para las tres comunidades estudiadas.

El rendimiento de grano se estimó a partir de datos de campo en la cosecha, de 10 parcelas por comunidad. Los valores estimados de rendimiento de grano se compararon con la referencia local utilizando la prueba-t de una vía en el programa SPSS® versión 23. Con la misma prueba, se realizó una comparación entre las dosis de fertilización utilizadas por los campesinos y las dosis recomendadas para la región estudiada (ICAMEX, 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Perfil de los entrevistados

La edad promedio de los entrevistados fue de 55 años ( $n=103$ ,  $SD=7.5$ ) y el mayor porcentaje de ellos eran hombres (Cuadro 2). La edad de los campesinos corresponde a la generación mazahua reportada por Monroy *et al.* (2018) que se caracteriza por: cultivar diferentes variedades de maíz, ser practicantes de policultivos y rituales asociados a la milpa. Estudios previos han mostrado que una gran parte de los hombres jóvenes migran temporalmente a las zonas urbanas; principalmente cuando el trabajo agrícola es escaso (Chávez-Arellano, 2008).

Los datos indican que la mayoría de los campesinos entrevistados son dueños de sus parcelas y un bajo porcentaje (menos de 6%) cultiva en terrenos alquilados o prestados (Cuadro 2). Más de 85% de los campesinos entrevistados tienen su propio terreno para el cultivo (Cuadro 2). Esto se debe a que en el área de estudio, la organización territorial, agrícola y comunitaria es reconocida por el ejido y los derechos

corresponde to the Mazahua generation reported by Monroy *et al.* (2018) that is characterized by: cultivating different maize varieties, sowing polyculture and practicing rituals associated to the *milpa*. Previous studies have shown that a large part of young men migrate temporarily to urban zones, mainly when agricultural work is scarce (Chávez-Arellano, 2008).

The data indicate that most of the peasants interviewed are owners of their plots and a low percentage (less than 6%) cultivates in rented or loaned lands (Table 2). More than 85% of the peasants interviewed have their own cultivation land (Table 2). This is because in the study area, the territorial, agricultural and community organization is recognized by the *ejido*<sup>1</sup> and the rights over land can only be transferred among relatives or with the consent of most of the *ejidatarios* (Valsecchi, 2014). Some years ago the size of the *ejido* plot was based on the surface required for food subsistence of the family, rather than for commercialization, and it did not exceed 10 ha of irrigation or 20 ha rainfed (Reyes, 1974). In the communities studied, each family plot for cultivation is divided into lots in function of the number of children in each generation, and consequently the cultivation surface per family has decreased in up to 0.45 ha on average in SJC. The cultivation surface managed by the nuclear family in the three communities studied (Table 2) was smaller than that reported by Castillo-Nonato and Chávez-Mejía (2013) in San Felipe del Progreso, Estado de México, which was between three and four hectares. All the men interviewed identified themselves as peasants. A high percentage of them combines agriculture with other activities such as bricklaying, teaching or other occupations (Figure 2). This

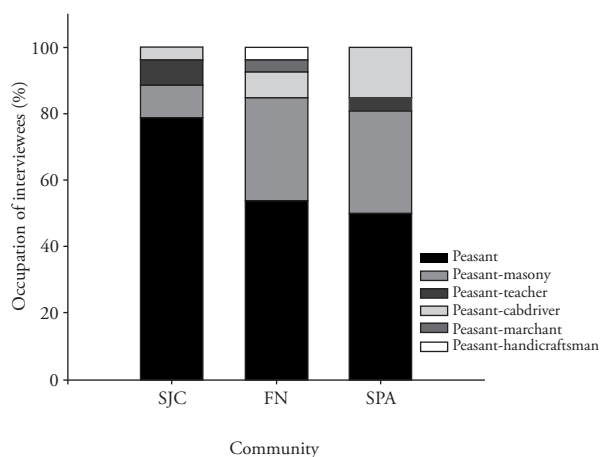
**Cuadro 2.** Perfil de los campesinos entrevistados en tres comunidades mazahuas del Estado de México, durante el ciclo de cultivo 2015.  
**Table 2.** Profile of peasants interviewed in three Mazahua communities in Estado de México, during the 2015 crop cycle.

	SJC (n=30)	FN (n=30)	SPA (n=43)
Edad promedio (años ± SD)	60.60±11.51	59.30±13.00	47.00±13.21
Mujeres (%)	13.00	13.00	44.00
Hombres (%)	87.00	87.00	56.00
Parcela propia (%)	86.66	93.33	100.00
Parcela rentada (%)	6.66	3.33	0.00
Parcela prestada (%)	6.66	3.33	0.00
Superficie familiar promedio cultivada (ha±SD)	0.45±0.23	1.26±0.64	1.11±0.54

SJC: San Juan Coajomulco, FN: Fresno Nichi y SPA: San Pedro el Alto.

sobre la tierra solo pueden transferirse entre parientes o con el consentimiento de la mayoría de ejidatarios (Valsecchi, 2014). Hace algunos años el tamaño de la parcela ejidal estaba basada en la superficie requerida para la subsistencia alimenticia de la familia más que para comercialización y no sobrepasaba las 10 ha de riego o 20 de temporal (Reyes, 1974). En las comunidades estudiadas, cada parcelas familiar de cultivo se lotifica en función del número de hijos de cada generación, por consecuencia la superficie de cultivo por familia ha disminuido hasta 0.45 ha promedio en SJC. La superficie de cultivo manejada por la familia nuclear en las tres comunidades estudiadas (Cuadro 2) fue menor que la reportada por Castillo-Nonato y Chávez-Mejía (2013) en San Felipe del Progreso, Estado de México; la cual fue de entre tres y cuatro hectáreas.

Todos los hombres entrevistados se identificaron como campesinos. Un alto porcentaje de ellos combina la agricultura con otras actividades como la albañilería, la docencia u otras ocupaciones (Figura 2). Esto confirma que tener múltiples fuentes de ingresos es una estrategia común en el área de estudio (Magdaleno-Hernández *et al.*, 2014). Todas las mujeres entrevistadas son amas de casa y se dedican al campo como una actividad secundaria.



**Figura 2.** Ocupación laboral de los campesinos varones en tres comunidades mazahuas del Estado de México. SJC: San Juan Coajomulco, FN: Fresno Nichi y SPA: San Pedro el Alto.

**Figure 2.** Labor occupation of male peasants in three Mazahua communities of Estado de México. SJC: San Juan Coajomulco, FN: Fresno Nichi, and SPA: San Pedro el Alto.

confirms that having multiple sources of income is a common strategy in the study area (Magdaleno-Hernández *et al.*, 2014). All the women interviewed are housewives and are engaged in the field only as secondary activity.

Although the principal components analysis did not show a clear difference among communities, it separated 18 of the peasants from SPA (because of the surface they cultivate and the application of phosphorus on their plots, which is discussed further on). The principal coordinate analysis separated SJC-SPA farmers from FN peasants (Figure 3, Table 3), due to their occupation and soil type, showing the importance of these factors in maize cultivation. In addition, it corroborated what Figure 2 shows: SJC and SPA peasants have similar occupations although in different proportions. FN peasants are engaged to other local work activities (commerce and handicrafts), and they have andosols with limitations for the crop. It is suggested that the type of soil in FN and the dependency on maize for human consumption influenced the selection of labor activities that would leave time to manage the maize crop.

There were five peasant criteria used to determine the moment of fertilization of the maize crop: plant height, color of leaves, traditional date to fertilize, beginning of the rainy period, and beginning of female flowering of maize. The fidelity index (Table 4) in the three communities indicated that the main factors were the characteristics observed in the maize plant: plant height, color of leaves, and beginning of female flowering. Monroy *et al.* (2018) indicate that peasants older than 50 years are the ones who are guided most by environmental factors to determine the dates of farming tasks, compared to the younger population. The most experienced farmers pay more attention to the development of their crops with environmental interactions. They even advise those who are less experienced on the crop's management.

ICAMEX (2020) only recommends the mineral fertilization of rainfed maize in Valles Altos, during sowing and the second hilling, without including fertilization with manure. Most of the interviewees (87%) apply mineral fertilization at two moments: during the first hilling and in the second hilling, or at the beginning of female flowering (*jiloteo*). The remaining percentage of farmers fertilizes a single time at one of those moments. Of the farmers

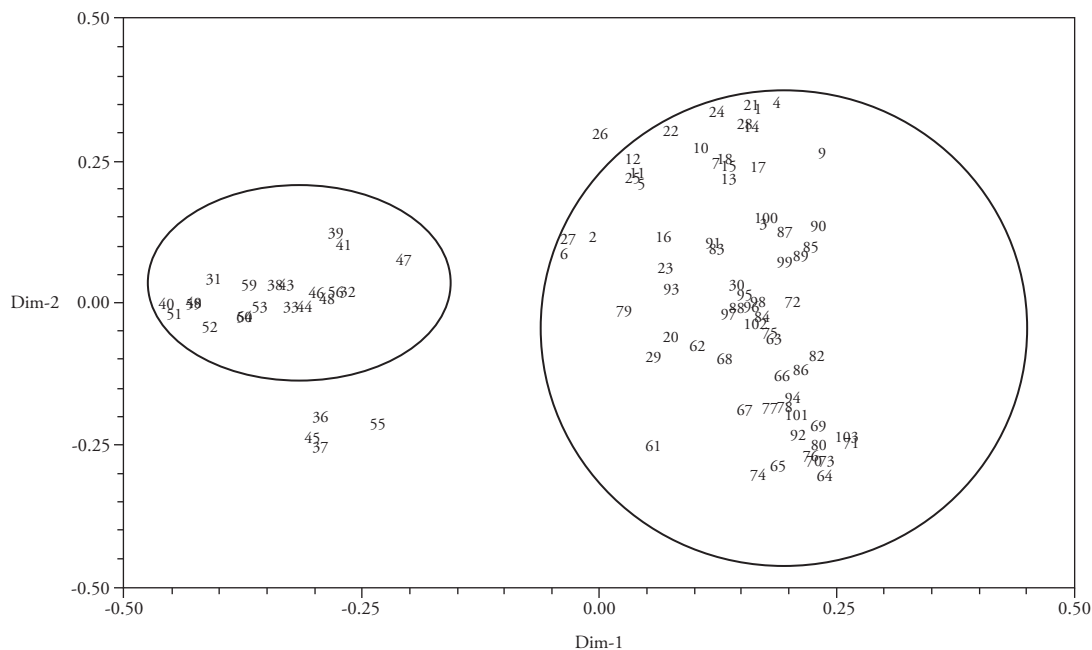
Aunque el análisis de componentes principales no mostró una diferencia clara entre las comunidades, éste separó a 18 de los agricultores de SPA (por la superficie que cultivan y la aplicación de fósforo en sus parcelas, esto se discute más adelante). El análisis de coordenadas principales separó a los campesinos de SJC-SPA de FN (Figura 3, Cuadro 3) por su ocupación y tipo de suelo, mostrando la importancia de estos factores en el cultivo del maíz. Además, corroboró lo observado en la Figura 2; los campesinos de SJC y SPA tienen ocupaciones similares pero en diferentes proporciones. Los campesinos, en FN, se dedican a otras actividades laborales locales (comercio y artesanías) y tienen andosoles con limitaciones para el cultivo. Se sugiere que el tipo de suelo en FN y la dependencia del maíz para consumo humano influyeron en la selección de actividades laborales que le dejara tiempo para el manejo del cultivo de maíz.

Fueron cinco los criterios campesinos para determinar el momento de la fertilización del cultivo de maíz: altura de la planta, color de las hojas, fecha tradicional para fertilizar, inicio del período de lluvias y el inicio de la floración femenina del maíz. El índice de fidelidad (Cuadro 4), en las tres comunidades, indicó que los principales factores fueron

interviewed, 23% fertilize during the *jiloteo* (Table 4). This moment of fertilization is related to the proposal of late fertilization of nitrogen (after the tenth leaf, V10) during the reproductive phase, when the greatest demand for nitrogen happens in the plant and its application increases grain yields (Fernandez *et al.*, 2020). The traditional dates of fertilization, in the three communities, are near May 3 and 15 (in the first hoeing) and June 24 (in the second hoeing). These dates of fertilization, in addition to their physiological advantages, are related to the festivities of the Santa Cruz, San Isidro Labrador and San Juan days.

### Agricultural management of the maize crop

All the interview respondents in the three communities cultivate maize. *Milpa* as a polyculture still exists in the communities studied. In SPA, 12.1% of the interviewees cultivated maize and associated fava bean. In SJC, 26.7% of the peasants interviewed cultivate maize in polyculture with at least three additional species (maize, squash, fava bean and bean) (Figure 4A). Whereas, in FN, 73.3% of the interview respondents cultivated maize with



**Figure 3.** Análisis de coordenadas principales para 58 variables y 103 campesinos entrevistados. Números del 1-30: entrevistados en San Juan Coajomulco, 31-60: Fresno Nichi y 61-103: San Pedro el Alto.

**Figure 3.** Principal coordinate analysis for 58 variables and 103 farmers interviewed. Numbers from 1-30: interview respondents in San Juan Coajomulco, 31-60: Fresno Nichi, and 61-103: San Pedro el Alto.



**Cuadro 3.** Valores característicos de los ejes principales derivados del análisis de coordenadas principales para variables cualitativas y 103 individuos, sobre el manejo del cultivo de maíz.

**Table 3.** Characteristic values of the main axes derived from the principal coordinate analysis for qualitative variables and 103 individuals, regarding management of the maize crop.

	Varianza acumulativa (%)	Variable	Valores característicos
PCoA1	49	Comerciante	0.869
		Suelo arcilloso (planosol)	0.781
		Taxista	0.660
		Ama de casa	0.396
		Artesano	0.383
PCoA2	67	FN comunidad	0.436
		Taxista	0.374
		Albañil	0.353
		Tierra prestada	0.347
		Suelo polvilla (andosol)	0.308
PCoA3	79	Profesor	0.476
		Masculino	0.358
		SPA comunidad	0.283
		Taxista	0.239
		Suelo arcilloso (planosol)	0.219

las características observadas en la planta de maíz: altura de la planta, color de las hojas y el inicio de la floración femenina. Monroy *et al.* (2018) indican que son los campesinos mayores de 50 años quienes más se guían por factores ambientales para determinar las fechas de las labores agrícolas, en comparación de la población de menor edad. Los campesinos más experimentados prestan atención al desarrollo de sus cultivos con las interacciones ambientales. Ellos incluso aconsejan a los menos experimentados sobre el manejo del cultivo.

ICAMEX (2020) solo recomienda la fertilización mineral del maíz de temporal en Valles Altos, en la siembra y la segunda escarda; sin incluir la fertilización con estiércol. La mayoría de los entrevistados

four species (fava bean, oat, bean and pea) in the same plot during an agricultural cycle.

Fertilization of the maize crop is a family activity, as was indicated by 83, 57 and 86% of the interview respondents in SJC, FN and SPA, respectively; grandparents, parents and children participate in it (Figure 4C). Fertilization of maize, as well as sowing, hilling, weeding and harvesting were carried out primarily by members of the family and during weekends (Figure 4B and 4C). Since this is a family activity, the reproduction of knowledge between participating generations is guaranteed. The generational transmission of knowledge has also been previously identified in the knowhow associated to the resources from the Mazahua *milpa* and the way

**Cuadro 4.** Índice de fidelidad de los criterios considerados por campesinos, de tres comunidades mazahuas, para determinar la oportunidad de fertilización en el cultivo de maíz.

**Table 4.** Fidelity index of the criteria considered by farmers from three Mazahua communities, to determine the opportunity of fertilization in maize cultivation.

Comunidad	Criterios				
	*Altura de la planta	*Color de las hojas	*Inicio de la floración femenina	Inicio de la lluvia	Fecha tradicional
SJC	0.36	0.20	0.24	0.16	0.04
FN	0.32	0.32	0.00	0.09	0.28
SPA	0.27	0.04	0.47	0.07	0.15

\* De la planta de maíz. SJC: San Juan Coajomulco, FN: Fresno Nichi y SPA: San Pedro el Alto. N=103. ♦ \*From the maize plant. SJC: San Juan Coajomulco, FN: Fresno Nichi, and SPA: San Pedro el Alto. N=103.

(87%) aplica en dos momentos la fertilización mineral: durante la primera escarda y en la segunda escarda o al inicio de la floración femenina (jiloteo). El porcentaje restante de campesinos fertiliza una sola vez en alguno de estos momentos. De los campesinos entrevistados 23% fertilizan durante el jiloteo (Cuadro 4). Este momento de fertilización se relaciona con la propuesta de fertilización tardía de nitrógeno (posterior a la hoja diez, V10) durante la fase reproductiva; cuando ocurre la mayor demanda de nitrógeno en la planta y su aplicación incrementa los rendimientos de grano (Fernandez *et al.*, 2020). Las fechas tradicionales de fertilización, en las tres comunidades, son cercanas al 3 y 15 de mayo (en la primera escarda) y 24 de junio (en la segunda escarda). Estas fechas de fertilización, además de sus ventajas fisiológicas, están relacionadas con las festividades de día de la Santa Cruz, San Isidro Labrador y San Juan.

### Manejo agrícola del cultivo del maíz

Todos los entrevistados en las tres comunidades cultivan maíz. La milpa como policultivo aún existe en las comunidades estudiadas. En SPA, 12.1% de los entrevistados cultivaron maíz y habas asociadas. En SJC, 26.7% de los campesinos entrevistados cultivan el maíz en policultivo con al menos tres especies adicionales (maíz, calabaza, haba y frijoles) (Figura 4A). Mientras que en FN, 73.3% de los entrevistados cultivaron maíz con cuatro especies (habas, avena, frijoles y chícharos) en la misma parcela durante un ciclo agrícola.

La fertilización del cultivo de maíz es una actividad familiar, así lo indicó 83%, 57% y 86% de los entrevistados en SJC, FN y SPA, respectivamente; en ésta los abuelos, padres, e hijos participan (Figure 4C). La fertilización del maíz, así como la siembra, la escarda, el deshierbe y la cosecha fueron realizados principalmente por miembros de la familia y en fines de semana (Figura 4B y 4C). Al ser ésta una actividad familiar se garantiza la reproducción de conocimientos entre las generaciones participantes. La transmisión generacional de conocimientos también se ha identificado previamente en el saber-hacer asociado a los recursos de la milpa mazahua y la forma en que se preparan los alimentos que de ella surgen (Vásquez *et al.*, 2018). Estudios previos han reconocido la contribución de las mujeres y niños en trabajos familiares, agrícolas y comunitarios (Vizcarra y Marín 2006;

in which foods that emerge from it are prepared (Vásquez *et al.*, 2018). Prior studies have recognized the contribution of women and children in family, agricultural and community labor (Vizcarra and Marín 2006; Chávez and Vizcarra, 2009). However, the study by Chávez-Arellano (2008), in the Mazahua community of San Antonio Pueblo Nuevo, emphasizes that the most strenuous activities are directed by a male in the family.

The maize plantation density was 74 255, 76 130 and 82 540 plants per hectare in SJC, FN and SPA, respectively. The grain yield was 4.1 t ha<sup>-1</sup>, 2.5 t ha<sup>-1</sup> and 2.7 t ha<sup>-1</sup> in SPA, SJC and FN, respectively. In the study zone there are scarce references about the yield of native, rainfed maize and with peasant management, similar conditions to those of this study. Corona (2017) evaluated the diversity and conservation of 32 native varieties of maize in San Felipe del Progreso and estimated the average yield from native maize grain in 2 t ha<sup>-1</sup>. Compared to this reference, the yield in SPA and FN is higher ( $p < 0.05$ ) and in SJC there is no difference ( $p > 0.05$ ).

All the peasants interviewed in FN and SJC cultivated their own native maize seeds, none of them used commercial varieties. However, 19% of the interviewees in SPA purchased commercial maize varieties for sowing and they were the only farmers that used irrigation at the beginning of the cultivation cycle. Castillo-Nonato and Chávez-Mejía (2013) indicate that the presence of hybrid maize in SPA is explained by the promotion of seed producing and selling companies, the availability of water for irrigation, flat lands for cultivation, and the interest of farmers to obtain higher grain yield. In this case the hybrid maize landraces are used for consumption by livestock, not the farmer's family. It seems a generality that in Estado de México native maize is preferred for human consumption, in tortillas made from home-made *nixtamal*, rather than hybrid maize (Eaking *et al.*, 2014).

### Maize fertilization

In the three communities only two macronutrients were used during mineral fertilization: nitrogen and phosphorus. Sources of these were (in N-P-K units): urea (46-00-00), diammonium phosphate DAP (18-46-00), triple superphosphate (00-46-00), ammonium sulphate (21-00-00) and single superphosphate (00-20-00), in different proportions



**Figura 4.** (A) Sistema milpa: maíz, frijol, haba y calabaza en San Juan Coajomulco; (B) participación familiar durante la siembra en Fresno Nichi y (C) cosecha en San Pedro el Alto (SPA), Estado de México.

**Figure 4.** (A) *Milpa* system: maize, bean, fava bean and squash in San Juan Coajomulco; (B) family participation during sowing in Fresno Nichi; and (C) harvest in San Pedro el Alto, Estado de México.

Chávez y Vizcarra, 2009). Sin embargo, el estudio de Chávez-Arellano (2008), en la comunidad mazahua San Antonio Pueblo Nuevo, enfatiza que las actividades más pesadas las dirige algún varón de la familia.

La densidad de plantación del maíz fue de 74 255, 76 130 y 82 540 plantas por hectárea en SJC, FN y SPA, respectivamente. El rendimiento de grano fue de 4.1 t ha<sup>-1</sup>, de 2.5 y 2.7 t ha<sup>-1</sup> en SPA, SJC y en FN, respectivamente. En la zona de estudio existen pocas referencias sobre el rendimiento de maíz nativo, en temporal y con manejo campesino; condiciones similares a las de éste estudio. Corona (2017) evaluó la diversidad y conservación de 32 variedades nativas de maíz en San Felipe del Progreso y estimó en 2 t ha<sup>-1</sup> el rendimiento promedio del grano de maíz nativo. En comparación de esa referencia el rendimiento de SPA y FN es mayor ( $p < 0.05$ ) y en SJC no hay diferencia ( $p > 0.05$ ).

Todos los campesinos entrevistados en FN y SJC cultivaron sus propias semillas nativas de maíz, ninguno de ellos utilizó variedades comerciales. Sin embargo, en SPA 19% de los entrevistados compraron variedades comerciales de maíz para siembra y ellos

(Figure 5). Of the interview respondents from SJC, FN and SPA, respectively, 23, 30 and 50% fertilized maize with a mixture of manure from animals from the family backyard (cows, sheep, turkeys, chickens and rabbits) and applied to the plot before sowing. The average doses of fertilization (kg ha<sup>-1</sup> of N-P-manure ha<sup>-1</sup>) used were 119-77- 3080 in FN; 162-60-1810 in SJC; and 158-15-4940 in SPA. The cost of fertilizers, including manure, was 3993, 4412 and 3725 (\$MX) in SJC, FN and SPA, respectively. Pulido and Bocco (2003) estimate that in the Central Valleys of Mexico, where the Mazahua ethno-region is located, the cost of maize production has been higher than the price in the market, in the last 30 years. Despite the low profitability of the *milpa* crops and the change in land use, farmers show a rejection to abandoning the agricultural activity on small surfaces due to interest in maintaining their identity and the millenary diet (Eaking *et al.*, 2014).

The peasants purchased the mineral fertilizers in the sales site nearest to their plot. Of the farmers in FN, 92% and in SPA 80% purchased the fertilizers in their community. In SJC, 70% of them acquired

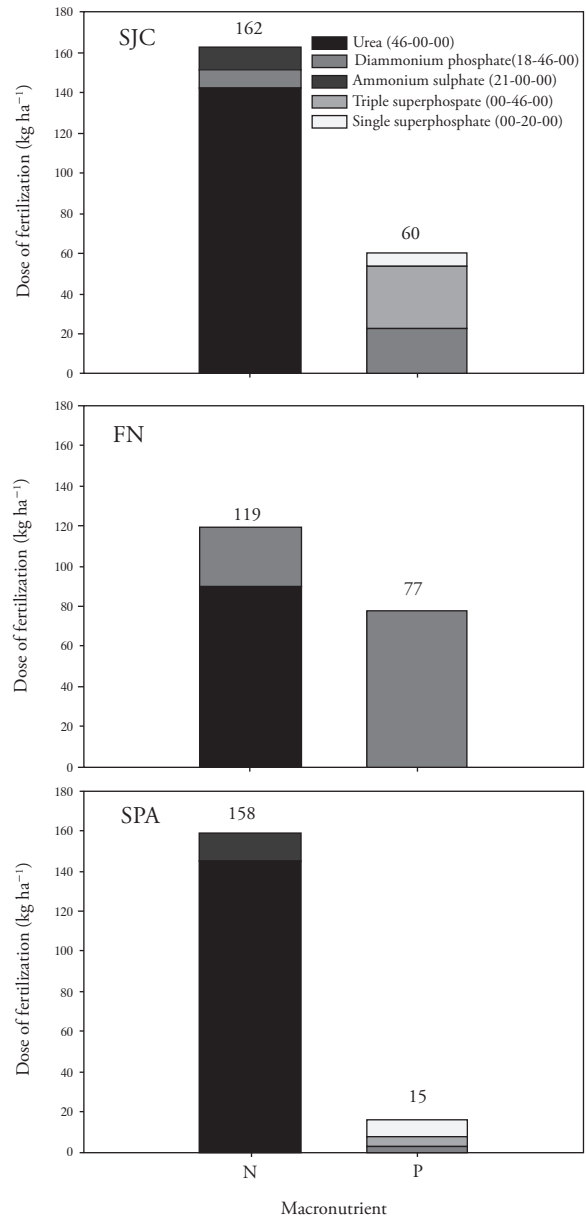
fueron los únicos campesinos que utilizaron riego al comienzo del ciclo de cultivo. Castillo- Nonato y Chávez- Mejía (2013) indican que la presencia de maíz híbrido en SPA se explica por la promoción de empresas productoras y vendedoras de semillas, la disponibilidad de agua para riego, superficies planas para su cultivo y el interés de los campesinos por obtener mayor rendimiento del grano. En este caso los maíces híbridos son usados para consumo del ganado, no de la familia campesina. Parece una generalidad que en el Estado de México se prefiere para consumo humano el maíz nativo en tortillas hechas de nixtamal casero más que el maíz híbrido (Eaking *et al.*, 2014).

### Fertilización del maíz

En las tres comunidades solo se usaron dos macronutrientes durante la fertilización mineral: nitrógeno y fósforo. Las fuentes de estos fueron (en unidades N-P-K): urea (46-00-00), fosfato diamónico DAP (18-46-00), superfosfato triple (00-46-00), sulfato de amonio (21-00-00) y superfosfato simple (00-20-00), en diferentes proporciones (Figura 5). De los entrevistados 23%, 30% y 50% de SJC, FN y SPA, respectivamente, fertilizaron el maíz con una mezcla de estiércol de animales (vacas, borregos, guajolotes, pollos y conejos) del traspatio familiar y se aplicó a la parcela antes de la siembra. Las dosis promedio de fertilización ( $\text{kg ha}^{-1}$  of N-P-estiércol  $\text{ha}^{-1}$ ) usadas fueron en FN 119-77-3080; en SJC 162-60-1810; y en SPA 158-15-4940. El costo de los fertilizantes, incluyendo el estiércol, fue de 3993, 4412 y 3725 (\$MX) en SJC, FN y SPA, respectivamente. Pulido y Bocco (2003) estiman que en los Valles Centrales de México, en que está la etnoregión mazahua, el costo del producción del maíz ha sido mayor que el precio en el mercado, en los 30 años recientes. A pesar de la baja rentabilidad de los cultivos en la milpa y del cambio en el uso del suelo, los campesinos muestran un rechazo al abandono de la actividad agrícola en las superficies pequeñas por el interés en mantener su identidad y la dieta milenaria (Eaking *et al.*, 2014).

Los campesinos compraron los fertilizantes minerales en el sitio de venta más cercano a su parcela. De los campesinos en FN 92% y 80% en SPA compraron los fertilizantes en su comunidad. En SJC, 70% de ellos adquirió fertilizantes en el municipio de San Felipe del Progreso, que está a 5 km. Otros sitios de

fertilizers in the municipality of San Felipe del Progreso, which is 5 km away. Other secondary purchasing sites for the acquisition of fertilizers are the municipalities of Atlacomulco and Ixtlahuaca, in Estado de México (more than 20 km away).



**Figura 5.** Fuentes y dosis de fertilización de maíz utilizadas por los campesinos mazahuas en San Juan Coajomulco (SJC), Fresno Nichi (FN) y San Pedro el Alto (SPA), Estado de México.

**Figure 5.** Sources and doses of maize fertilization used by Mazahua peasants in San Juan Coajomulco (SJC), Fresno Nichi (FN), and San Pedro el Alto (SPA), Estado de México.



compra secundarios para la adquisición de fertilizantes son los municipios de Atlacomulco e Ixtlahuaca Estado de México (a más de 20 km de distancia).

La dosis de fertilización recomendada para la región estudiada que es 115-46-30 kg de N-P-K ha<sup>-1</sup> (ICAMEX, 2020), aunque es poco conocida por los campesinos. Ésta dosis se recomienda para el maíz en monocultivo, híbridos y temporal. Los resultados muestran que en los andosoles de FN y una parte de SJC los campesinos utilizan más fósforo en la fertilización que el recomendado para la región (Cuadro 5). En ambas comunidades, los campesinos usaron significativamente más fósforo ( $p < 0.001$ ) que en SPA, que tiene otro tipo de suelo. El nivel de fósforo usado en FN y SJC es la razón principal por la que el costo de fertilización es más alto que en SPA. Los andosoles son suelos derivados de cenizas volcánicas y tienen alta capacidad de fijación de fósforo (Komiya *et al.*, 2014); por lo tanto, tienen mayor requerimiento. Además, las parcelas con andosol de SJC y FN están en ladera, susceptibles a la erosión hídrica, lo cual incrementa su requerimiento de fósforo y nitrógeno.

En FN, 100 % de los entrevistados dijeron que no habían recibido capacitación para realizar la fertilización de la milpa. En SJC y SPA, la aplicación de fertilizantes se aprendió de familiares y vecinos (46% y 44% respectivamente), de instituciones gubernamentales (17% y 7% respectivamente) o de los proveedores de fertilizantes (3% y 9% respectivamente). El porcentaje restante de campesinos, en SJC y SPA, afirmó que la dosis de fertilización que usaron había sido el resultado de sus propias pruebas (34% y 40% respectivamente). Así, los mayores porcentajes indican que el conocimiento sobre la fertilización del maíz se obtiene de familiares, otros campesinos vecinos y experiencia propia.

The fertilization dose recommended for the region studied is 115-46-30 kg of N-P-K ha<sup>-1</sup> (ICAMEX, 2020), although this is relatively unknown by the peasants. This dose is recommended by the monocrop maize, hybrid and rainfed. The results show that in the andosols from FN and a part of SJC the farmers use more phosphorus in the fertilization than the amount recommended for the region (Table 5). In both communities, the farmers used significantly more phosphorus ( $p < 0.001$ ) than in SPA, which has another type of soil. The level of phosphorus used in FN and SJC is the main reason why the fertilization cost is higher than in SPA. Andosols are soils derived from volcanic ash and have high capacity for phosphorus fixation (Komiya *et al.*, 2014); therefore, they have higher requirements. In addition, the plots with andosol from SJC and FN are on a hillsides, susceptible to hydric erosion, which increases their phosphorus and nitrogen requirements.

In FN, 100% of the interview respondents said that they had not received training to perform fertilization of the *milpa*. In SJC and SPA the application of fertilizers was learned from relatives and neighbors (46% and 44% respectively), from government institutions (17% and 7%, respectively) or from suppliers of fertilizers (3% and 9%, respectively). The remaining percentage of farmers, in SJC and SPA, declared that the dose of fertilization that they used had resulted from their own tests (34% and 40% respectively). Thus, the highest percentages indicated that knowledge about fertilization of maize is obtained from family members, other neighboring farmers and their own experience.

The dose of fertilization used by the farmers in the three communities is generally higher than that recommended (Table 5). It is estimated that the

**Cuadro 5.** Comparación de la dosis de fertilización mineral para la milpa en tres comunidades mazahuas y la recomendada en el área de estudio.

**Table 5.** Comparison of the mineral fertilization dose for the milpa in three Mazahua communities and the one recommended in the study area.

Elemento	Dosis (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Recomendada (ICAMEX, 2020)	Promedio calculado ( $\pm$ error estándar)		
		FN	SJC	SPA
N	115	119.36 $\pm$ 6.85 <sup>N.S.</sup>	162.76 $\pm$ 8.66**	158.0 $\pm$ 14.22*
P	46	77.54 $\pm$ 5.09**	60.25 $\pm$ 6.03*	15.52 $\pm$ 7.35**

Promedios  $\pm$  error estándar. Prueba de t para una muestra. NS, \*, \*\* No significativo, significativo a  $p \leq 0.05$  y 0.01, respectivamente.  $\diamond$  Averages  $\pm$  standard error. T-test for a sample. NS, \*, \*\* Non-significant, significant at  $p \leq 0.05$  and 0.01, respectively.



La dosis de fertilización utilizada por los campesinos en las tres comunidades es generalmente más alta que la recomendada (Cuadro 5). Se estima que los campesinos han adaptado su dosis de fertilización de acuerdo a sus condiciones edafoclimáticas, cultivos y preferencia. Ellos han llegado a este conocimiento a través de la experimentación colectiva y compartida bajo sus condiciones locales específicas; luego integran ese conocimiento a su familia y comunidad inmediata. Los campesinos mesoamericanos se han visto obligados a establecer hipótesis, incorporar elementos de otros contextos (como la capacitación), experimentar con sus cultivos y generar conocimiento que se salvaguardará en la red comunitaria (Argueta *et al.*, 2011; Barragán-Ocaña y Valle-Rivera, 2016). Los estudios posteriores deben analizar cuál es la dosis óptima de fertilización que maximiza el potencial productivo del maíz nativo, que considere el uso sustentable de fuentes de fertilización, la respuesta esperada por los campesinos y la integración de conocimientos, en sus condiciones de cultivo.

### CONCLUSIONES

Los factores que toman en cuenta los campesinos, de tres comunidades mazahuas, para determinar el momento de fertilización del cultivo de maíz son características de la planta (altura, color de las hojas y el inicio de la floración femenina). La fertilización del maíz se realiza en una o dos aplicaciones durante la primera, segunda escarda o al inicio de la floración femenina. La fertilización con estiércol se realiza antes de la siembra.

Las fuentes de fertilización utilizadas en el manejo de la milpa fueron urea, fosfato diamónico, superfosfato triple, sulfato de amonio, superfosfato simple y la mezcla de estiércol de animales de traspatio. En Fresno Nichi, San Juan Coajomulco y San Pedro el Alto, la dosis de nitrógeno-fósforo-estiércol fueron 119-77-3080, 162-60-1810, y 158-15-4940, kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

La fertilización del maíz es una actividad familiar generalmente practicada en fines de semana. La mayor parte de los campesinos no recibe asesoría técnica para la fertilización. Los campesinos fertilizan de acuerdo a su experiencia y el conocimiento transmitido por familiares y vecinos de la comunidad. Los campesinos han integrado el uso de fertilizantes de síntesis química con su práctica en el

farmers have adopted their dose of fertilization in agreement to their soil-climate conditions, crops and preference. They have reached this knowledge through collective experimentation and shared under specific local conditions; then, they integrate this knowledge to their family and immediate community. Mesoamerican farmers have been forced to establish hypotheses, incorporate elements from other contexts (such as training), experiment with their crops and generate knowledge that will be safeguarded in the community network (Argueta *et al.*, 2011; Barragán-Ocaña and Valle-Rivera, 2016). Subsequent studies should analyze what is the optimal dose of fertilization that maximizes the productive potential of native maize, considering the sustainable use of sources of fertilization, the response expected by farmers, and the integration of knowledge into their cultivation conditions.

### CONCLUSIONS

The factors that peasants from three Mazahua communities take into account in order to determine the moment of fertilization of the maize crop are the characteristics of the plant (height, color of leaves and beginning of female flowering). Maize fertilization is conducted in one or two applications during the first, second hilling or at the beginning of female flowering. Fertilization with manure is carried out before sowing.

The sources of fertilization used in the management of the *milpa* were urea, diammonium phosphate, triple superphosphate, ammonium sulfate, simple superphosphate and a mixture of manures from backyard livestock. In Fresno Nichi, San Juan Coajomulco and San Pedro el Alto, the doses of nitrogen-phosphorus-manure were 119-77-3080, 162-60-1810, and 158-15-4940, kg ha<sup>-1</sup>, respectively.

Maize fertilization is a family activity generally practiced during the weekends. The majority of the peasants do not receive technical advice for fertilization. The peasants fertilize according to their experience and the knowledge is transmitted by family members and neighbors from the community. Peasants have integrated the use of fertilizers from chemical synthesis with their practice in the management of manure and have adapted the dose of fertilization in agreement with the local conditions.

manejo del estiércol y han adaptado las dosis de fertilización de acuerdo a las condiciones locales.

Estos factores pueden considerarse para realizar estudios posteriores en la mejora de la fertilización y manejo del cultivo de maíz nativo en condiciones campesinas.

## LITERATURA CITADA

- Albuquerque, Ulysses Paulino, Luiz Fernández Cruz da Cunhs, Reinado Fariás Pavia de Lucena, y Rómulo Romeu Nóbrega Alves. 2014. *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. New York. Springer Science. 476 p.
- Alcántar, González Gabriel, Libia I. Trejo-Téllez, Leticia Fernández Pavia, y María de las Nieves Rodríguez Mendoza. 2012. Elementos esenciales. En: Alcántar, Gabriel González y Libia I. Trejo-Téllez (coord) *Nutrición de cultivos*. Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados. México. pp: 8-43.
- Altieri, Miguel, y Victor Manuel Toledo. 2011. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *In: The Journal of Peasant Studies*. Vol. 38, Núm. 3.
- Argueta, Arturo, Eduardo Corona-Martínez, y Paul Hersch. 2011. Saberes colectivos y diálogo de saberes en México. México. UNAM-INAH-Ibero Puebla. 574 p.
- Arriaga-Jordán C. M., A. M. Pedraza-Fuentes, E. G. Nava-Bernal, M. C. Chávez-Mejía, y O. A. Castelán-Ortega. 2005. Livestock Agrodiversity of Mazahua Smallholder Campesino Systems in the Highlands of Central Mexico. *In: Human Ecology*. Vol. 33, Núm. 6.
- Barragán-Ocaña, Alejandro y María del Carmen Valle-Rivera. 2016. Rural development and environmental protection through the use of biofertilizers in agriculture: An alternative for underdeveloped countries?. *In: Technology in Society*. Vol. 46, Núm. 1.
- Berkes, Fikret. 2017. *Sacred Ecology*. New York. Routledge, Taylor and Francys Group. 360 p.
- Castillo-Nonato, Jesús, y Cristina Chávez-Mejía. 2013. Caracterización campesina del manejo y uso de la diversidad de maíces en San Felipe del Progreso, Estado de México. *In: Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 10, Núm. 1.
- Cervantes-Herrera, Joel, José Alfredo Castellanos, Yasmín Pérez-Fernández, y Artemio Cruz León. 2015. Tecnologías tradicionales en la agricultura y persistencia campesina en México. *In: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 2, Núm. 3.
- Chávez, Mejía Cristina, e Ivonne Vizcarra Bordi. 2008. El solar mazahua y sus relaciones de género. *In: Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. Vol. 7, Núm. 15.
- Chávez-Arellano, María Eugenia. 2008. Las familias mazahuas de San Antonio Pueblo Nuevo, municipio de San José Del Rincón, Estado de México, México. *In: Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 5, Núm. 1.
- Consejo Estatal para el Desarrollo Integral de los Pueblos Indígena (CEDIPIEM). 2011. Estadística de pueblos indígenas. Recuperado de <http://portal2.edomex.gob.mx/> (Consultado: Junio de 2018).
- Corona, Terán Jarinzi. 2017. Agroecología del maíz nativo (*Zea mays* L.) en San Felipe del Progreso, México. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México. 122 p.
- Eaking, Hallie, Perales Hugo, Appendini Kirsten, y Sweeney Stuart. 2014. Selling maize in Mexico: the persistence of peasant farming in an era of global markets. *In: Development and Change*. Vol. 45, Núm. 1.
- Fereres, Elias, y Francisco J. Villalobos. 2016. Agriculture and Agricultural Systems. En: Francisco J. Villalobos, y Elias Fereres (Coords.). *Principles of Agronomy for Sustainable*. España. Agriculture.Springer. 543 p.
- Fernandez, Javier A., Jason DeBruinb, Carlos D. Messina, and Ignacio A. Ciampittia. 2020. Late-season nitrogen fertilization on maize yield: A meta-analysis. *In: Field Crops Research*. Vol. 247.
- Friedman, J., Yaniv, Z., Dafni, A., Palewitch, D., 1986. A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field Survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel. *In: Journal of Ethnopharmacology*. Vol. 16, Núm. 2-3 .
- García, Enriqueta y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. Fecha de publicación: 11-05-2001.
- Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1995. Edafología. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México. Fecha de publicación: 10-07-2001.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 15048 y 15074. Recuperado de: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/15/15074.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15074.pdf) (Consultado: mayo 2019).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010a. Censo de Población y Vivienda. Principales resultados por localidad. Recuperado de: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/iter\\_2010.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/iter_2010.aspx) (Consultado: Septiembre de 2018).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010b. Localidades de la República Mexicana, 2010, escala: 1:1. Obtenido de Principales resultados por localidad (ITER).

These factors can be considered to perform subsequent studies in the improvement of fertilization and management of the native maize crop in peasant conditions.

## NOTE

<sup>1</sup>In Mexico, the *ejido* is a collective landholding unit.

—End of the English version—



- Censo de Población y Vivienda 2010. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F.
- Investigación y Capacitación Agropecuaria del Estado de México (ICAMEX). 2020. Maíz de Temporal Valles Altos del Estado de México. Recuperado de: <http://icamex.edomex.gob.mx/maiz> (Consultado: Mayo de 2020).
- Komiyama, Teppei, Toyooki Ito, y Masahiko Saigusa. 2014. Effects of phosphorus-based application of animal manure compost on the yield of silage corn and on soil phosphorus accumulation in an upland Andosol in Japan. *In: Soil science and plant nutrition*. Vol. 60, Núm. 6.
- Magdaleno-Hernández, Edgar, Mercedes A. Jiménez-Velazquez, Tomas Martínez-Saldaña, y Bartolomé Cruz-Galindo. 2014. Estrategias de las familias campesinas en Pueblo Nuevo, Municipio de Acambay, Estado de México. *In: Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Vol. 11, Núm. 2.
- Monroy López, Lizbeth, Rocio Albino Garduño, Lorena González Pablo, Horacio Santiago Mejía, e Iván Pedraza Durán. 2018. Manejo generacional de la milpa en la comunidad mazahua de Palmillas, Estado de México. *In: Iberofórum*. Vol. 13, Núm. 25.
- Palacio, Facundo Xavier, María José Apodaca, y Jorge V. Crisci. 2020. Análisis Multivariado para datos biológicos. Vazquez Mazzini Editores. Argentina. 271p.
- Pulido, Juan S., y Gerardo Bocco. 2003. The traditional farming system of a Mexican indigenous community: the case of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, Mexico. *In: Geoderma*. Vol. 111, Núm. 3-4.
- Reyes Osorio, Sergio. 1974. Estructura Agraria y Desarrollo Agrícola en México: estudio sobre las relaciones entre la tenencia y uso de la tierra y el desarrollo agrícola de México. México, Fondo de Cultura Económica. 1174 p.
- Secretaría de Desarrollos Social y Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (SEDESOL-CONEV). 2017. Informe anual sobre la situación de la pobreza y rezago social. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/42710/Mexico\\_074.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/42710/Mexico_074.pdf). (Consultado: Mayo de 2018).
- Sneath, Peter H. A., y Robert R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification. USA: Freeman. 573 p.
- Toledo, Víctor Manuel, y Narciso Barrera-Bassols. 2008. La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. México: Icaria editorial. 230 p.
- Toledo, Victor Manuel. 2013. Indigenous Peoples and Biodiversity. *In: Levin SA (ed) Encyclopedia of Biodiversity*. USA: Academic Press. pp. 269-278.
- Valsecchi, Michele. 2014. Land property rights and international migration: Evidence from Mexico. *In: Journal of Development Economics*. Vol. 110, Núm. 1.
- Vásquez, González Alicia Yaneth, Cristina Chávez Mejía, Francisco Herrera Tapia, y Fermín Carreño Meléndez. 2018. Milpa y seguridad alimentaria: El caso de San Pedro El Alto, México. *In: Revista de Ciencias Sociales*. Vol. 24, Núm. 2.
- Vizcarra Bordi, Ivonne, y Nadia Marín Guadarrama. 2006. Las niñas a la casa y los niños a la milpa: la construcción social de la infancia mazahua. *In: Convergencia*. Vol. 13, Núm. 40.