

UTILIZACIÓN, OFERTA Y DEMANDA DE TECNOLOGÍA PARA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL VALLE DE PUEBLA, MÉXICO

TECHNOLOGY USE, OFFER AND DEMAND FOR MAIZE PRODUCTION IN VALLE DE PUEBLA, MÉXICO

Nemesio Osorio-García¹, Higinio López-Sánchez^{1*}, Abel Gil-Muñoz¹, Benito Ramírez-Valverde¹, Nicolás Gutiérrez-Rangel¹, Guillermo Crespo-Pichardo², Ángel Montero-Pineda³

¹Campus Puebla. Colegio de Postgraduados. Km. 125.5 Carr. Fed. México-Puebla, Santiago Momoxpan, Cholula, Pue. 72760. (osorio@colpos.mx) ¹higinio@colpos.mx* (gila@colpos.mx) (bramirez@colpos.mx) (ngrangel@colpos.mx). ²Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. (crespog@colpos.mx) ³Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Km. 7.5 Carretera Federal San Martín-Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Tlaxcala (investita29@yahoo.com.mx)

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar cuál es la situación actual del uso, oferta y demanda de la tecnología generada para incrementar la producción de maíz en el Valle de Puebla. Se aplicaron encuestas a una muestra aleatoria de 111 productores de tres municipios del Valle de Puebla. Los resultados mostraron que los agricultores son minifundistas, y 68.6% de ellos mostraron un grado de adopción de tecnología alto, sobresaliendo la densidad de población del cultivo con 82.8%, el nitrógeno con 77.6% y el fósforo con 63.6%. Los componentes tecnológicos menos utilizados fueron el periodo de siembra y la oportunidad de fertilización. El chapulín fue la plaga más importante y sólo 63.4% de los agricultores lo combatió. Otro aspecto con influencia negativa sobre el rendimiento del maíz fue que sólo 25.2% de los agricultores utilizó herbicida durante el desarrollo del cultivo. A excepción de los fertilizantes y los insecticidas, la oferta de tecnología ha disminuido drásticamente, ya que únicamente 47.7% de los agricultores recibió recomendaciones técnicas, debido posiblemente a la considerable disminución de las actividades de las instituciones de apoyo al campo; de ahí que 72% de los agricultores manifestara demanda de tecnología para el cultivo de maíz.

Palabras clave: adopción de tecnología, agricultura campesina, innovación tecnológica, política agrícola.

INTRODUCCIÓN

La agricultura sigue siendo el motor del crecimiento y desarrollo rural, y el uso de la tecnología es una variable útil para explicar el crecimiento o estancamiento de la agricultura en países desarrollados o en desarrollo, razón por la cual la productividad es un factor determinante para satisfacer la creciente demanda de alimento de la población mundial. En el estado de Puebla, la región denominada Valle de Puebla es una de las principales productoras de maíz. En esta región la generación de tecnología para el cultivo del maíz ha sido una actividad constante

ABSTRACT

The objective of this study was to determine what the current situation is in terms of technology use, offer and demand, generated to increase maize production in Valle de Puebla. Surveys were applied to a random sample of 111 farmers in three municipalities of Valle de Puebla. Results show that farmers are small-scale producers, and 68.6% of them demonstrated a high degree of technology adoption, with the crop population density standing out at 82.8%, nitrogen at 77.6% and phosphorous at 63.6%. The least used technological components were sowing period and fertilization opportunity. Grasshopper was the most important plague and only 63.4% of the farmers controlled it. Another aspect with negative influence on maize yield was that only 25.2% of the farmers used herbicide during crop development. With the exception of fertilizers and insecticides, the technological offer has decreased drastically, since only 47.7% of the farmers received technical recommendations, possibly due to the considerable decrease in activities from institutions that support the agricultural sector; thus, 72% of the farmers manifested a demand for technology for maize cultivation.

Key words: technology adoption, peasant agriculture, technological innovation, agricultural policy.

INTRODUCTION

Agriculture continues to be the motor for rural growth and development, and the adoption of technology is a useful variable to explain the growth or stagnation of agriculture in developed or developing countries, reason why productivity is a decisive factor for satisfying the growing demand for food in the global population. In the state of Puebla, the region called Valle de Puebla is one of the principal maize producers. In this region, technology generation for maize cultivation has been a constant activity since 1967, through the Puebla Plan, which since that year set out the goal of increasing yield

desde 1967, a través de el Plan Puebla, que desde ese año planteó la meta de aumentar el rendimiento entre pequeños agricultores que producían para el autoconsumo con métodos tradicionales (CIMMYT, 1974). Por esta razón, en 1973 se pusieron a disposición de los agricultores 32 recomendaciones para siete grupos de suelos predominantes en el área del Plan Puebla, y en 1976 ya se contaba con 56 recomendaciones para dichos suelos, mismas que se consideraron vigentes hasta 1982 (Díaz *et al.*, 1999).

La aplicación oportuna de estas recomendaciones permitió alcanzar rendimientos experimentales de hasta 5, 7 y 8 toneladas por hectárea (Aceves *et al.*, 1993; Turrent *et al.*, 1994; Regalado *et al.*, 1996). Sin embargo, el rendimiento promedio de este cultivo reportado en el periodo 1993-2004 fue de 2.6 t ha⁻¹ (INEGI, 1993 a 2007) y de 2.54 t ha⁻¹ en 2008 (SIAP, 2009). Estos datos indican que existen factores que están influyendo para que los agricultores no obtengan los rendimientos potenciales en este cultivo, lo cual podría estar asociado a la adopción de la tecnología generada.

Al inicio de la década de los noventa se realizó la última evaluación de adopción de tecnología correspondiente a los veinticinco años de actividad del programa de investigación en generación y transferencia de tecnología en el Valle de Puebla (Díaz *et al.*, 1999). De ese tiempo a la actualidad han ocurrido una serie de modificaciones en la región como por ejemplo la sucesión de agricultores, cambios en la política agropecuaria que han ocasionado una menor actividad de las instituciones y de los programas de apoyo al campo en relación con el crédito, seguro y asistencia técnica, además de que quienes ofertaban la tecnología disminuyeron sus actividades gradualmente. Además, se debe agregar el incremento de los costos de producción y el bajo precio del maíz en el mercado. Es probable que todo lo anterior haya ocasionado cambios en el uso de la tecnología por parte de los agricultores, quienes siguen sembrando este cultivo por ser uno de los más importantes en el Valle de Puebla y en México. A pesar de lo anterior, después de lo reportado por Díaz *et al.* en 1999, no se ha llevado a cabo ningún estudio que explique cuál es la situación actual de la utilización, demanda y oferta de tecnología para la producción de maíz en el Valle de Puebla, de manera que permita proponer acciones para incrementar la producción de este cultivo en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y población

La investigación se realizó en tres municipios del Valle de Puebla: San Andrés Calpan, Domingo Arenas y San Miguel Huejotzingo (Figura 1).

among small-scale farmers who produced for self-consumption with traditional methods (CIMMYT, 1974). For this reason, in 1973, 32 recommendations were made available to the farmers for seven groups of predominant soils in the Puebla Plan area, and in 1976 there were 56 recommendations available for those soils, which were considered current until 1982 (Díaz *et al.*, 1999).

The opportune application of these recommendations allowed reaching experimental yields of up to 5, 7, and 8 tons per hectare (Aceves *et al.*, 1993; Turrent *et al.*, 1994; Regalado *et al.*, 1996). However, the average yield of this crop reported in the 1993-2004 period was 2.6 t ha⁻¹ (INEGI, 1993 to 2007) and 2.54 t ha⁻¹ in 2008 (SIAP, 2009). These data indicate that there are factors that are having an influence in farmers not to obtain the potential yields from this crop, which could be associated to adoption of the technology generated.

At the beginning of the 1990s, the last evaluation on technology adoption was carried out, corresponding to the twenty five years of activity by the research program for technology generation and transference in Valle de Puebla (Díaz *et al.*, 1999). Since that time and until today, a series of changes have occurred in the region, such as succession of farmers, changes in the agricultural/livestock policy that have caused a lower activity from institutions and programs for field support with regards to credit, insurance and technical assistance, in addition to the fact that those who offered the technology gradually decreased their activities. Also, the increase in production costs and the low market price for maize should be added. It is probable that all this has caused changes in the use of technology by farmers, who continue to sow this crop because it is one of the most important in Valle de Puebla and México. In spite of this, after what was reported by Díaz *et al.* (1999), no studies have been carried out to explain what the current situation is for technology use, demand and offer for maize production in Valle de Puebla, in order to propose actions to increase the production of this crop in the region.

MATERIALS AND METHODS

Study area and population

Research was carried out in three municipalities in Valle de Puebla: San Andrés Calpan, Domingo Arenas and San Miguel Huejotzingo (Figure 1).

The study area is located in the central western part of the state of Puebla; its geographical coordinates are located between parallels 19° 06' 36" and 19° 41' 12" N, and between meridians 98° 20' 18" and 98° 39' 00" W. Predominant climates are temperate sub-

El área de estudio se localiza en la parte centro occidente del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas se ubican entre los paralelos 19° 06' 36" y 19° 41' 12" N y entre los meridianos 98° 20' 18" y 98° 39' 00" O. Los climas predominantes son el templado subhúmedo C(w), semifrío subhúmedo C(E)(w) y frío E(T); la precipitación pluvial promedio anual es de 1000 mm; la temperatura media anual es de 14°C; los principales tipos de suelo son el regosol, que ocupa la mayor parte del área, el tipo cambisol y fluvisol; la altitud va desde 2180 a 2680 m (INEGI, 2007).

La población de agricultores en los tres municipios fue 1014, con una distribución por municipio de 291 en San Andrés Calpan, 46 en Domingo Arenas y 677 en San Miguel Huejotzingo. Por considerar la altitud como variable importante en la definición de la tecnología, se procedió a estratificar a las comunidades y los productores que las habitan, en función de altitud. Se formaron tres estratos por altitud de las localidades y sus respectivos números de agricultores, quedando de la siguiente manera: en el Estrato 1, con una altitud de 2500 a 2680 m, se consideró a las localidades de San Mateo Ozolco con 34 agricultores, Santa María Atexcac con 79, San Diego Buenavista con 10, Santa María Nepopualco con 85 y San Lucas Atzala con 66; en el Estrato 2, con una altitud de 2340 a 2440 m, se consideró a las localidades de Domingo Arenas con 46 agricultores, San Andrés Calpan con 191, San Juan Pancoac con 52, Santa María Tianguistenco con 33, y San Miguel Tianguizolco con 94; en el Estrato 3, con una altitud de 2180 a 2300 m, se consideró a las localidades de San Luis Coyotzingo con 49 agricultores, San Miguel Huejotzingo con 104, San Mateo Capultitlán con 40, Santa Ana Xalmimilulco con 112 y Santo Domingo con 19.

El cálculo del tamaño de muestra de los agricultores a entrevistar en cada una de las localidades se hizo tomando en cuenta los estratos altitudinales y las poblaciones dentro de cada estrato. Se empleó la técnica del muestreo estratificado aleatorio con distribución de Neyman, siguiendo la expresión matemática propuesta por Johnson (2000).

$$n = \frac{\left(\sum_{i=1}^k N_i S_i \right)}{N^2 \frac{d^2}{Z_{\alpha/2}^2} \sum_{i=1}^k N_i S_i^2}$$

donde n es el tamaño de muestra: 111 agricultores; N_i es el tamaño del estrato i : 1) 274, 2) 416 y 3) 324 agricultores; S_i^2 es la varianza del estrato i : 1) 3.7, 2) 1.6 y 3) 10.02; N es la población en estudio: 1014 agricultores; d es la precisión (0.3 ha); $Z_{\alpha/2}$ es la confiabilidad (90 %); y k es el número de estratos (3).

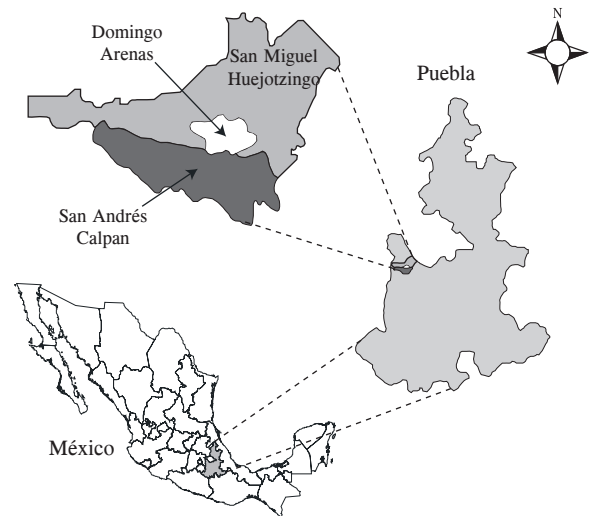


Figura 1. Localización de los municipios de San Andrés Calpan, Domingo Arenas y San Miguel Huejotzingo, en el estado de Puebla, México.

Figure 1. Localization of municipalities of San Andrés Calpan, Domingo Arenas and San Miguel Huejotzingo, in the state of Puebla, México.

humid C(w), semi-cold sub-humid C(E)(w) and cold E(T); average annual rain precipitation is 1000 mm; average annual temperature is 14 °C; the principal types of soil are regosol, which occupies the largest part in the area, cambisol and fluvisol; altitude ranges from 2180 and 2680 m (INEGI, 2007).

The farmer population in the three municipalities was 1014, with a distribution per municipality of 291 in San Andrés Calpan, 46 in Domingo Arenas and 677 in San Miguel Huejotzingo. Because altitude was regarded as an important variable in technology definition, communities and producers that inhabit them were stratified in function of the altitude. Three strata were formed per altitude at the localities, and their corresponding number of farmers, resulting in the following: in Stratum 1, with an altitude of 2500 to 2680 m, the localities considered were San Mateo Ozolco with 34 farmers, Santa María Atexcac with 79, San Diego Buenavista with 10, Santa María Nepopualco with 85, and San Lucas Atzala with 66; in Stratum 2, with an altitude of 2340 to 2440 m, the localities considered were Domingo Arenas with 46 farmers, San Andrés Calpan with 191, San Juan Pancoac with 52, Santa María Tianguistenco with 33, and San Miguel Tianguizolco with 94; in Stratum 3, with an altitude of 2180 to 2300 m, the localities considered were San Luis Coyotzingo with 49 farmers, San Miguel Huejotzingo with 104, San Mateo Capultitlán with 40, Santa Ana Xalmimilulco with 112, and Santo Domingo with 19.

Calculation of the size of the farmer sample to be interviewed in each one of the localities was done

La muestra se distribuyó entre los estratos con la siguiente ecuación (Neyman):

$$n = \frac{N_i S_i}{\sum_{i=1}^k N_i S_i} n$$

De esta forma, la muestra ($n=111$ encuestas) quedó distribuida de la siguiente forma: en el Estrato 1 se realizaron 28 entrevistas; en el 2 se aplicaron 29; y en el 3 fueron entrevistados 54 productores.

Como población se consideró la lista de productores del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) del ciclo primavera-verano 2006 (SDR, 2006) y los productores en la muestra fueron seleccionadas en forma aleatoria.

Acopio de la información

Una vez determinado el tamaño de muestra, y con base en la lista de agricultores, se procedió a localizarlos en sus respectivas localidades para entrevistarlos, aplicando un cuestionario para recabar la información requerida. La técnica empleada fue la encuesta, instrumentada en base a un cuestionario que incluyó 72 preguntas, estructuradas en cinco grandes apartados: I) Datos generales del productor, II) Uso de la tierra, III) Tecnología utilizada por el agricultor en el cultivo de maíz en los últimos diez años, IV) Oferta y demanda de tecnología en los últimos diez años, y V) Aspectos socioeconómicos en los últimos diez años.

Las variables consideradas para caracterizar a los agricultores fueron: edad, escolaridad, número de predios, superficie total y tipo de maíz que sembró. Para calcular el índice de adopción se consideraron las cantidades de nitrógeno, fósforo, densidad de población, así como la tecnología total empleada. Para las comparaciones entre la recomendación y lo que están aplicando se consideraron las preguntas sobre periodos de siembra (temprana, intermedia y tardía), oportunidad de fertilización (al momento de la siembra y 2ª labor), dosis de nitrógeno, fósforo y densidad de plantas, herbicidas e insecticidas. En oferta de tecnología se retomaron las preguntas encaminadas a detectar aspectos sobre los cuales los agricultores recibieron asesoría técnica y quiénes se las proporcionaron, siendo los elementos considerados: semilla para siembra, densidad de plantas, dosis de fertilización, uso de herbicidas y de insecticidas. En demanda de tecnología se retomaron variables encaminadas a detectar necesidades de los agricultores en aspectos de recomendaciones para la producción de maíz en el ciclo anterior a la aplicación de la encuesta, siendo estas: periodo de siembra, densidad de plantas, dosis

by taking into account the altitudinal strata and the populations in each stratum. The technique of random stratified sampling with Neyman distribution was used, following the mathematical expression proposed by Johnson (2000).

$$n = \frac{\left(\sum_{i=1}^k N_i S_i\right)}{N^2 \frac{d^2}{Z_{\alpha/2}^2} \sum_{i=1}^k N_i S_i^2}$$

where n is the size of the sample: 111 farmers; N_i is the size of stratum i : 1) 274, 2) 416 and 3) 324 farmers; S_i^2 is variance of stratum i : 1) 3.7, 2) 1.6 and 3) 10.02; N is the study population: 1014 farmers; d is precision (0.3 ha); $Z_{\alpha/2}$ is reliability (90 %); and k is the number of strata (3).

The sample was distributed among the strata with the following equation (Neyman):

$$n = \frac{N_i S_i}{\sum_{i=1}^k N_i S_i} n$$

Thus, the sample ($n=111$ surveys) was distributed in the following manner: 28 interviews were carried out in Stratum 1; in Stratum 2, 29 were applied; and in Stratum 3, 54 farmers were interviewed.

As population, the list of producers in the Direct Field Support Program (*Programa de Apoyos Directos al Campo*, PROCAMPO) was considered, for the spring-summer cycle 2006 (SDR, 2006), and farmers in the sample were selected randomly.

Information gathering

Once the sample size was determined, and based on the farmer list, they were located in their respective localities to be interviewed, applying a questionnaire to collect the information required. The technique used was surveying, implemented based on a questionnaire that included 72 questions, structured into five large sections: I) General data of the farmer, II) Land use, III) Technology used by the farmer in maize cultivation during the last ten years, IV) Technology offer and demand in the last ten years, and V) Socioeconomic aspects during the last ten years.

Variables considered to characterize farmers were: age, schooling, number of land plots, total surface and type of maize sown. To calculate the adoption index, the amounts of nitrogen and phosphorous, the population density, and total technology used were considered. For comparisons between the recommendation and

Cuadro 1. Agrosistemas y recomendaciones tecnológicas para la producción de maíz en el Valle de Puebla.
Table 1. Agrosystems and technological recommendations for maize production in Valle de Puebla.

Agrosistemas	Altitud (m)	Fechas de siembra	Fertilización (NPK)	Densidad de plantas (ha ⁻¹)
111 Suelos profundos del Popocatepetl	2100-2350	Antes del 15 de mayo	140-40-00	50 000
112 Suelos profundos del Popocatepetl	2100-2350	16 de mayo al 15 de junio	100-40-40	40 000
211 Suelos pomáceos del Popocatepetl	2100-2350	Antes del 15 de mayo	140-60-00	50 000
212 Suelos pomáceos del Popocatepetl	2100-2350	16 de mayo al 15 de junio	100-40-40	40 000
22 Suelos pomáceos del Popocatepetl	3351-2800	Antes del 30 de abril	140-40-00	50 000

Fuente: Díaz *et al.*, 1999.

de fertilización, oportunidad de fertilización, uso de herbicidas y uso de insecticidas.

Las variables mencionadas fueron codificadas y concentradas en una base de datos y procesados para su análisis con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales v. 15 (SPSS por sus siglas en inglés).

Análisis de la apropiación de tecnología

Se empleó el agrosistema como procedimiento de análisis para determinar el índice de adopción, ya que bajo este concepto fueron diseñadas las recomendaciones del Plan Puebla, mismas que fueron agrupadas en cinco agrosistemas para los que existe una recomendación tecnológica respectiva en los aspectos de fechas de siembra, dosis de fertilización (NPK) y densidad de población. En todos los casos, en lo que respecta a fertilización, se recomienda aplicar un tercio del nitrógeno y todo el fósforo y potasio al momento de la siembra, los dos tercios restantes del nitrógeno se deben aplicar en la segunda labor (CIMMyT, 1974; Díaz *et al.*, 1999) (Cuadro 1).

Los suelos profundos del Popocatepetl son de alta productividad, y de acuerdo al sistema FAO/UNESCO, se presentan regosoles y fluvisoles eútricos y cambisoles húmicos, cuyas características son que el material madre predominante está compuesto por cenizas volcánicas, con textura migajón arenosa, por lo que no presentan restricciones a la penetración radicular, y si se les maneja adecuadamente permiten conservar suficiente humedad residual del ciclo anterior, por lo que pueden ser sembrados en abril y principios de mayo; otras características son que contienen menos de 0.5% de materia orgánica, pH de alrededor de 6.5, su contenido de humedad aprovechable es de 8%, poseen alto contenido de potasio y calcio, y son moderadamente ricos en fósforo. Los suelos pomáceos del Popocatepetl, de acuerdo al sistema FAO/UNESCO, son regosoles eútricos, cuyo material madre lo constituyen cenizas volcánicas y material pomáceo grueso, provenientes de las últimas erupciones del Popocatepetl. Estos suelos

what they are applying, questions about sowing periods (early, intermediate and late), fertilization opportunity (at the moment of sowing and second plow), nitrogen and phosphorous dosages, plant density, herbicides and insecticides, were considered. For technology offer, questions were taken up again to detect aspects regarding which farmers received technical assistance and who gave it to them, with the following elements being considered: seeds for sowing, plant density, fertilization dosage, use of herbicides and insecticides. For technology demand, variables were taken up again directed at detecting needs by farmers, in aspects regarding recommendations for maize production in the cycle prior to applying the survey, including the following: sowing period, plant density, fertilization dosage, fertilization opportunity, herbicide use, and insecticide use.

The variables mentioned were codified and concentrated in a database and processed for their analysis with the Statistical Package for Social Sciences v. 15 (SPSS).

Analysis of technology appropriation

The agrosystem was used as analysis procedure to determine the adoption index, since recommendations for the Puebla Plan were designed under this concept, grouped in five agrosystems for which there is a technological recommendation with regards to sowing dates, fertilization dosages (NPK) and population density aspects. In every case, in terms of fertilization, it is recommended to apply a third of the nitrogen and all the phosphorous and potassium at the moment of sowing, the two remaining thirds of the nitrogen should be applied during the second plow (CIMMyT, 1974; Díaz *et al.*, 1999) (Table 1).

Deep soils in the Popocatepetl volcano are of high productivity, and according to the FAO/UNESCO system, there are regosols and eutric fluvisols and humic Cambisols, whose characteristics are that the predominating mother material is made up of volcanic

tienen textura areno-gravosa, pueden llegar hasta una profundidad de 80 cm, contienen menos de 0.5% de materia orgánica, un pH de alrededor de 6.5, presentan alrededor de 6% de humedad aprovechable, y cuando son manejados apropiadamente pueden conservar la humedad residual, que puede ser aprovechada para las siembra de maíz (CIMMyT, 1974).

Para obtener el grado de adopción de tecnología generada por el Plan Puebla se utilizó la ecuación propuesta por Ramírez-Valverde (1999).

$$A_T = \frac{\sum_{i=1}^k \left[100 - \left| P_i \left(\frac{c_i - r_i}{r_i} \right) \times 100 \right| \right]}{k}$$

donde A_T es el porcentaje de adopción de tecnología por parte del agricultor; P_i es una ponderación por cada componente de la recomendación (47% a nitrógeno, 17% a fósforo, 6% a potasio y 30% a densidad de plantas)⁴; c_i es la cantidad aplicada del componente de la recomendación por el agricultor; r_i es la cantidad recomendada por agrosistema; y k es el número de componente en la recomendación.

La ecuación no solo califica la aplicación menor a lo recomendado de alguno de los componentes, también penaliza el exceso. Para esto, cuando uno de los componentes presenta una sobre aplicación se asignará 0 de adopción tecnológica de ese componente, y cuando el agricultor no aplica el insumo el porcentaje de adopción para ese componente será igualmente 0. Para obtener el grado de adopción, los resultados del índice de adopción de tecnología por agricultor fueron agrupados en las siguientes categorías: Alto 70-100%, Medio 40-69%, Bajo 10-39%, Nulo < de 10% (Díaz *et al.*, 1999).

Con los valores obtenidos en el índice de adopción se realizó el análisis de varianza para determinar el comportamiento de las variables nitrógeno, fósforo, densidad de población y tecnología global en cada uno de los agrosistemas. Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias de la adopción de nitrógeno, fósforo, densidad de plantas y tecnología. La comparación de la tecnología empleada y la recomendada en periodos de siembra, así como el combate de malezas y plagas se analizaron mediante frecuencias y medias de los datos.

Análisis de oferta y demanda de tecnología

En oferta de tecnología se obtuvieron frecuencias para determinar el nivel de participación de los técnicos de las instituciones, y sobre qué aspectos se dieron

ashes, with sandy loam texture, which is why they do not present restrictions for radicular penetration, and if they are adequately handled, they allow conserving enough residual humidity from the previous cycle, reason why they can be sown in April and the beginning of May; other characteristics are that they have less than 0.5% of organic material, pH of around 6.5, their usable humidity content is 8%, they have a high content of potassium and calcium, and they are moderately rich in phosphorous. Pomaceous soils in Popocatépetl, according to the FAO/UNESCO system, are eutric regosols, whose mother material is made up of volcanic ashes and thick pomaceous material, from the last eruptions by the Popocatépetl. These soils have sandy-gravel texture, they can reach a depth of 80 cm, they contain less than 0.5% of organic matter, a pH of around 6.5, they present around 6% of usable humidity, and when they are appropriately handled they can conserve residual humidity, which can be used for maize cultivation (CIMMyT, 1974).

To obtain the degree of technology adoption generated by the Puebla Plan, the equation proposed by Ramírez-Valverde (1999) was used.

$$A_T = \frac{\sum_{i=1}^k \left[100 - \left| P_i \left(\frac{c_i - r_i}{r_i} \right) \times 100 \right| \right]}{k}$$

where A_T is the percentage of technology adoption by the farmer; P_i is weighing per each component in the recommendation (47% to nitrogen, 17% to phosphorous, 6% to potassium, and 30% to plant density)⁴; c_i is the amount applied of the component by the farmer from the recommendation; r_i is the amount recommended per agrosystem; and k is the number of component in the recommendation.

The equation not only rates a lower application than the recommendation for any one of the components, it also penalizes excess. For this, when one of the components presents an excessive application, it will be assigned 0 for technological adoption of that component, and when the farmer does not apply the input, the percentage of adoption for that component will also be 0. To obtain the degree of adoption, results from the technology adoption index per farmer were grouped in the following categories: High 70-100%, Medium 40-69%, Low 10-39%, Null < 10% (Díaz *et al.*, 1999).

With the values obtained in the adoption index, a variance analysis was carried out to determine the behavior of the nitrogen, phosphorous, population density and global technology variables in each one of the agrosystems. Later, a Tukey test for means

Cuadro 2. Características generales de los agricultores en el estudio.**Table 2. General characteristics of farmers in the study.**

Características	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
Edad	37.00	88.0	58.0	12.030
Escolaridad	0.00	12.0	3.5	2.810
Núm. de predios	1.00	6.0	1.8	0.983
Superficie	0.25	11.0	1.7	1.380

las recomendaciones. En demanda de tecnología se obtuvieron frecuencias de los aspectos en los que los agricultores requieren recomendaciones técnicas, para determinar el nivel de necesidad que actualmente tienen los agricultores para la producción de maíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de los productores

Una de las características de los agricultores que ha sido muy estudiada, en relación al desarrollo agrícola, ha sido la edad, que se ha considerado como un factor importante para fomentar o retardar cambios tecnológicos en los procesos productivos agrícolas. Los agricultores encuestados tuvieron una edad promedio de 58 años (Cuadro 2). Esto refleja que son adultos de edad avanzada y que la presencia de una generación de reemplazo en las actividades agrícolas ha sido mínima. En cuanto a la escolaridad, los agricultores presentaron una media de 3.5 años de educación formal. Los bajos niveles de escolaridad muestran el rezago educativo que presentan los agricultores en el medio rural, lo cual coincide con Ordaz (2007) quien reporta que la escolaridad de la población rural en México es de 5.6 años de educación formal. En lo que respecta a la superficie, los agricultores encuestados presentaron una media de 1.7 ha, lo cual los ubica como agricultores minifundistas, situación que puede llegar a afectar negativamente la adopción de tecnología. Al respecto, en la investigación de Damián *et al.* (2007) los productores de maíz de Tlaxcala, México, que poseen 1.98 ha fueron clasificados como de muy baja apropiación de tecnología; por otra parte, Regalado *et al.* (1996) mencionan que los productores de maíz de temporal de Tlaltenago, Puebla, México, que poseen menos de 2.79 ha, utilizaron con menor precisión la tecnología recomendada para alta productividad.

Adopción de los componentes de la recomendación tecnológica para la producción de maíz

De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta sobre uso de tecnología, se procedió a calificar

comparisons was carried out to determine the differences in adoption of nitrogen, phosphorous, plant density and technology. The comparison of used versus recommended technology during sowing periods, as well as weed and plague control, were analyzed through frequencies and averages in the data.

Analysis of technology offer and demand

For technology offer, frequencies were obtained to determine the level of participation of technicians from institutions, and about the aspects that recommendations were given for. For technology demand, frequencies of the aspects where farmers require technical recommendations were obtained, to determine the level of need that farmers currently have for maize production.

RESULTS AND DISCUSSION

Characteristics of farmers

One of the farmers' characteristics that have been well studied, with regards to agricultural development, is their age, which has been considered an important factor that fosters or delays technological changes in agricultural productive processes. The farmers surveyed had an average age of 58 (Table 2). This shows that they are adults of advanced age and that the presence of a replacement generation in agricultural activities has been minimal. In terms of schooling, farmers presented an average of 3.5 years of formal education. The low levels of schooling show the educational backwardness that farmers have in the rural environment, which coincides with Ordaz (2007), who reported that schooling for México's rural population is 5.6 of formal education. With regards to surface, farmers surveyed had an average of 1.7 ha, which places them as small-scale farmers, a situation that can potentially affect them negatively in technology adoption. Regarding this, research by Damián *et al.* (2007) with maize producers from Tlaxcala, México, who own 1.98 ha classified them as of very low technology appropriation; on the other hand, Regalado *et al.* (1996) mentioned that rainfed maize producers from Tlaltenago, Puebla, México, who have less than 2.79 ha, used the technology recommended for high productivity with less precision.

Adoption of components from the technological recommendation for maize production

Based on results obtained in the survey about technology use, the degree of global technology

Cuadro 3. Porcentaje de agricultores que adoptaron en diferente grado la tecnología general para la producción de maíz en los agrosistemas del Valle de Puebla.
Table 3. Percentage of farmers who adopted general technology for maize production to a different degree, in Valle de Puebla agrosystems.

Agrosistemas	Grado de adopción de tecnología global (%)				Rendimiento (%)
	Alto	Medio	Bajo	Nulo	
111 Suelos profundos del Popocatepetl	55.6	33.3	8.3	2.8	2427.7
112 Suelos profundos del Popocatepetl	56.0	44.0	0.0	0.0	2524.0
211 Suelos pomáceos del Popocatepetl	76.5	23.5	0.0	0.0	2447.0
212 Suelos pomáceos del Popocatepetl	83.3	16.7	0.0	0.0	2408.3
22 Suelos pomáceos del Popocatepetl	71.4	28.6	0.0	0.0	2128.5
Promedio	68.6	29.2	1.7	0.6	2387.1

el grado de adopción de la tecnología global del Plan Puebla por los agricultores en los diferentes agrosistemas del Valle de Puebla. Los resultados indicaron que 68.6% de los agricultores adoptaron la tecnología en el nivel Alto, mientras que sólo 29.2% la adoptaron en el nivel Medio. Pocos agricultores fueron los que adoptaron los componentes de la tecnología en grado Bajo y Nulo. Al parecer, los agricultores están adoptando más la tecnología en los últimos años, ya que en estudios previos a 1999 la adopción fue en grado Medio (Díaz *et al.*, 1999). Sin embargo, esto no ha tenido un efecto positivo en el incremento de los rendimientos, ya que los agricultores no reportaron rendimientos mayores a 2.5 t ha⁻¹, cantidad muy alejada del rendimiento potencial de 8 t ha⁻¹ (Aceves *et al.* 1993; Turrent *et al.*, 1994; Regalado *et al.*, 1996), lo que podría estar asociado a la forma de utilizar la tecnología (Palmieiri y Marín, 1989; Unda *et al.*, 1998) o a efectos climáticos sobre el período de duración de la estación de crecimiento del maíz.

A fin de analizar si entre agrosistemas hubo diferencias estadísticas en cuanto a los porcentajes de adopción de tecnología, se realizó un análisis de varianza para las recomendaciones generadas por el Plan Puebla (Cuadro 3). Los agricultores adoptaron los componentes de la tecnología en los agrosistemas en forma diferente (Cuadro 4); sin embargo, esas diferencias fueron significativas estadísticamente sólo para nitrógeno y densidad de población. Esto puede atribuirse a que el nitrógeno en su presentación comercial (urea) es bastante conocido por los agricultores, además de que manifiesta una respuesta rápida y bastante visible en las plantas (Barraco y Díaz-Zorita, 2005). En el caso de las diferencias en la adopción de la densidad de plantas, estas podrían asociarse al bajo costo de esta tecnología, ya que generalmente los agricultores manifiestan la tendencia a adoptar más las recomendaciones de bajo costo (Vicini, 2000), como lo es la densidad de plantas pues es un componente que

adoption from the Puebla Plan by farmers was rated in different agrosystems in Valle de Puebla. Results indicated that 68.6% of the farmers adopted technology at the High level, while only 29.2% adopted it at the Medium level. Few farmers adopted technology components at a Low or Null level. It seems that farmers have been adopting more technology in recent years, since in studies prior to 1999 adoption was in a Medium level (Díaz *et al.*, 1999). However, this has not had a positive effect on yield increase, since farmers do not report yields higher than 2.5 t ha⁻¹, an amount that is very far from the potential yield of 8 t ha⁻¹ (Aceves *et al.* 1993; Turrent *et al.*, 1994; Regalado *et al.*, 1996), which could be associated to the way of using technology (Palmieiri and Marín, 1989; Unda *et al.*, 1998) or to climate effects during the period of duration for maize growing season.

In order to analyze whether there were statistical differences between agrosystems in terms of percentages of technology adoption, a variance analysis was carried out for the recommendations generated by the Puebla Plan (Table 3). Farmers adopted the technology

Cuadro 4. Resultados de los Análisis de Varianza en adopción de tecnología y rendimiento de maíz en agrosistemas del Valle de Puebla.
Table 4. Results from variance analyses for technology adoption and maize yield in Valle de Puebla agrosystems.

Agrosistemas	Cuadrados medios de tratamientos	F	Significancia
Adopción de nitrógeno	1300.2	4.435	**
Adopción de fósforo	1973.2	1.761	NS
Adopción de densidad de plantas	1960.4	16.805	***
Adopción de tecnología	297.9	2.000	NS
Rendimiento por ha	498 346.6	0.703	NS

: Diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$). *: Diferencias muy altamente significativas ($\alpha=0.001$). *: Diferencias significativas ($\alpha=0.5$). NS: Diferencia no significativa.

Cuadro 5. Prueba de medias en adopción de tecnología y rendimiento de maíz en los agrosistemas del Valle de Puebla.
Table 5. Means comparisons in technology adoption and maize yield in Valle de Puebla agrosystems.

Agrosistemas	Adopción (%)				
	Nitrógeno	Fósforo	Densidad de plantas	Tecnología global	Rendimiento (kg)
111	66.9 b ¹	51.9 a	89.4 a	67.1 a	2427.7 a
112	82.0 a	59.1 a	71.6 b	70.1 a	2524.0 a
211	74.7 a	63.9 a	90.6 a	73.2 a	2447.0 a
212	86.0 a	80.7 a	72.8 b	75.9 a	2408.3 a
22	78.3 a	62.5 a	89.8 a	74.4 a	2128.5 a
Promedio	77.6	63.6	82.8	72.1	2387.1

¹Medias con la misma letra en las columnas son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

no requiere mayor inversión, ya que los agricultores obtienen la semilla de su cosecha anterior. Aunque el fósforo es igualmente esencial para el maíz, es probable que debido a su más lenta asimilación y respuesta en las plantas, los agricultores le den menor importancia para su adopción. A pesar de las diferencias en la adopción del nitrógeno y la densidad de plantas, estas no fueron suficientes para generar diferencias significativas en el rendimiento de maíz en los diferentes agrosistemas.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de la prueba de medias para los porcentajes de adopción de cada componente de la tecnología (Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Población) y de la tecnología global generada por el Plan Puebla. En concordancia con el análisis de varianza, mostrado en el cuadro anterior, sólo nitrógeno y densidad de población mostraron diferencias significativas en sus medias. El nitrógeno presentó una adopción promedio de 77.6% en la muestra general, sobresaliendo el agrosistema 212 con 86.0%. La densidad de población se adoptó en mayor cantidad que el nitrógeno, ya que su valor promedio fue de 82.8%, con un máximo de 90.6% en el agrosistema 211. El fósforo y la tecnología global, además de que no presentaron diferencias significativas en sus medias, mostraron valores más bajos. En ningún caso hubo adopción del 100%. El rendimiento reportado por los agricultores presentó una diferencia tan solo de 395.5 kg entre el rendimiento más bajo y el más alto, debido probablemente a factores climáticos y también a la oportunidad de aplicación de nitrógeno (Cuadro 6), ya que la tendencia de los agricultores fue aplicado en la primera fertilización, específicamente en la primera labor. Además de la diferencia no significativa en las medias de rendimiento, es importante hacer notar que su valor promedio de 2387.1 representó 29.8% del rendimiento experimental, porcentaje menor al encontrado en 1971 (Ávila, 1974), que fue de 50%, debido, de acuerdo con el autor, al uso inadecuado de los fertilizantes

components in agrosystems in different ways (Table 4); however, these differences were statistically significant only for nitrogen and population density. This can be attributed to the fact that nitrogen in its commercial presentation (urea) is very well-known by farmers, in addition to manifesting a rapid response and rather visible in the plants (Barraco and Díaz-Zorita, 2005). In the case of differences in adoption of plant density, these could be associated to the low cost of this technology, since farmers generally manifest the tendency to adopt low-cost recommendations more (Vicini, 2000), such as plant density, for it is a component that does not require a higher investment, since farmers obtain the seed from their prior harvest. Although phosphorous is also essential for maize, it is probable that due to its slower assimilation and response in plants, farmers give less importance to adopting it. In spite of differences in adopting nitrogen and plant density, these were not enough to generate significant differences in maize yields in different agrosystems.

Table 5 shows the results of the averages test for percentages of adoption for each technology component (Nitrogen, Phosphorous, and Population Density), and of global technology, generated by the Puebla Plan. In agreement with the variance analysis, shown in the previous table, only nitrogen and population density showed significant differences in their averages. Nitrogen presented an average adoption of 77.6% in the general sample, with agrosystem 212 standing out with 86.0%. The population density was adopted in a higher number than nitrogen, since its average value was 82.8%, with a maximum of 90.6% in agrosystem 211. Phosphorous and global technology, in addition to not showing significant differences in their averages, showed lower values. In no case was there adoption of 100%. The yield reported by farmers presented a difference of only 395.5 kg between the lowest and highest yield, probably due to climate factors

Cuadro 6. Porcentaje de agricultores que utilizaron las recomendaciones en periodos de siembra y oportunidad de fertilización en maíz en los agrosistemas del Valle de Puebla.
Table 6. Percentage of farmers who used recommendations in sowing periods and fertilization opportunities for maize in Valle de Puebla agrosystems.

Agrosistemas	Agricultores (%)						
	Periodo de Siembra	Nitrógeno			Fósforo		
		Siembra	1ª labor	2ª labor	Siembra	1ª labor	2ª labor
111	88.9	2.8	75.0	77.8	2.8	58.3	22.3
112	40.0	4.0	100.0	56.0	4.0	72.0	24.0
211	82.4	0.0	100.0	82.4	0.0	88.2	41.3
212	33.3	0.0	83.3	66.7	0.0	83.3	50.0
22	57.1	0.0	95.2	81.0	0.0	95.2	23.8
Promedio	60.3	1.4	90.7	72.8	1.4	79.4	32.8

Además de la cantidad de fertilizante y la densidad de plantas, en el Cuadro 6 se presentan los resultados encontrados en la adopción de las tecnologías, fecha de siembra, y en la oportunidad de fertilización. Nuevamente, en ningún caso se observó una adopción de 100%. Los mayores niveles de adopción se observaron en las fechas de siembra intermedia, agrosistemas 111 y 211, seguida de las fechas de siembra tempranas, agrosistema 22, y en donde se encontró menor adopción fue para las siembras tardías, agrosistemas 112 y 212. El argumento de los agricultores a la mayor adopción de las fechas de siembra intermedias es que ha habido cambios en el patrón de lluvias en la región, que han ocasionado, por una parte, que los sistemas de producción bajo humedad residual (siembras tempranas) sean cada vez más escasos. Al respecto, Conde *et al.* (2004) mencionan que, debido a la distribución de las lluvias, los agricultores retrasan las fechas de siembra, esperando el inicio de lluvias regulares, u optan por un cambio de variedad a una “violenta”, es decir, con un periodo de crecimiento menor. La poca adopción de las siembras tardías (exclusivamente de temporal), de acuerdo a los agricultores, se debe a la presencia de sequías cada vez más intensas. De acuerdo con el Cuadro 1, en los agrosistemas 112 y 212 se debe aplicar potasio, sin embargo en ningún caso se reportó el uso de este elemento para cultivar maíz, sólo nitrógeno y fósforo. Además de la falta de aplicación de potasio, un problema adicional fue que los elementos utilizados no se aplicaron de acuerdo a la recomendación, es decir, principalmente en la siembra y posteriormente en la segunda labor, ya que los agricultores están fertilizando principalmente en la primera labor y en menor cantidad en la segunda, y muy pocos fertilizan en la siembra. La explicación de los agricultores a estos cambios en las recomendaciones fue que al momento de la siembra hay poca humedad en el suelo y que al fertilizar se corre el riesgo de

and also to the opportunity for nitrogen application (Table 6), since the tendency of farmers was to apply it during the first fertilization, specifically during the first plow. Besides the non-significant difference in yield averages, it is important to highlight that their average value of 2387.1 represented 29.8% of the experimental yield, a percentage lower than that found in 1971 (Ávila, 1974), which was 50%, due to the inadequate use of fertilizers, according to the author.

In addition to the amount of fertilizer and plant density, Table 6 shows the results found in technology adoption, sowing date, and fertilization opportunity. Again, an adoption of 100% was not found in any case. The higher levels of adoption were found in intermediate sowing dates, agrosystems 111 and 211, followed by early sowing dates, agrosystem 22, and the least adoption was found in late sowing, agrosystems 112 and 212. The farmers' argument to greater adoption of intermediate sowing dates is that there have been changes in rain patterns in the region, which have caused, on the one hand, for production systems under residual humidity (early sowing) to be increasingly scarce. With regards to this, Conde *et al.* (2004) mentioned that because of the rain distribution, farmers delay sowing dates, waiting for the beginning of regular rains, or they opt for a change in variety to a “violent” one, that is, one with a shorter growth period. The scarce adoption of late sowing (exclusively rainfed), according to farmers, is due to the presence of increasingly intense drought. According to Table 1, in agrosystems 112 and 212, potassium should be applied; however, the use of this element to cultivate maize was not reported in any case, only nitrogen and phosphorous. Besides the lack of potassium application, an additional problem was that the elements used were not applied according to recommendations, that is, mostly during sowing and later during the second plow, since farmers are

“quemar” las plántulas, pues debido a las propiedades higroscópicas del fertilizante éste absorbe la poca humedad disponible en el suelo, ocasionando una sequía artificial, que daría como resultado el secado de las plántulas. Lo anterior hace que los agricultores decidan posponer la primera fertilización hasta la primera labor, para que sea aprovechado de manera más eficiente, ya que, como mencionan Andrade *et al.* (1996) tanto el agua como el fertilizante deben estar en forma suficiente en el suelo para asegurar un rápido crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas, pues el agua es quien transporta la mayoría de los nutrientes que alimentan a las plantas (INFOFOS, 1997). Díaz *et al.* (1999), encontraron también una baja adopción en la oportunidad de fertilización, aun cuando no se tenían problemas con la humedad en el suelo, lo adjudicaron a que requerían gastos adicionales o bien porque estaban ocupados en diversas actividades dentro de sus propias parcelas.

Aunque los plaguicidas y herbicidas no son parte de las recomendaciones del Plan Puebla (Cuadro 1), los agricultores emplearon estos productos químicos como parte de la tecnología para disminuir los daños que las plagas y malezas causan al cultivo de maíz. Con relación a la aplicación de plaguicidas (Cuadro 7), los agricultores comentaron que el chapulín (*Sphenarium purpurascens*) es la principal plaga que afecta el rendimiento del maíz, pero sólo 63.4% de ellos utilizaron plaguicidas para su control, principalmente el parathión metílico, que es uno de los insecticidas recomendados para la región (SAGAR, 2000; CESAVEG, 2007). Menor aún fue el empleo de los herbicidas, ya que sólo una cuarta parte de los entrevistados lo utilizaron, principalmente el 2,4-D amina, herbicida que ha sido recomendado para la región (INIFAP-PRODUCE, 1997). Además, debido al impacto económico que representa el uso de plaguicidas, los agricultores utilizaron la dosis de 1 litro por hectárea, tanto de herbicidas como de insecticidas, y en el caso de los herbicidas, estos fueron aplicados de los 45 a 70 días

fertilizing primarily during the first plow and in lower amounts during the second plow, and very few fertilize during sowing. The explication that farmers gave to these changes made to recommendations was that at the time of sowing there is low humidity in the soil and that when fertilizing there is the risk of “burning” seedlings, because due to the hygroscopic properties of the fertilizer it absorbs the little humidity available in the ground, causing an artificial drought that would have the result of drying the seedlings. This makes farmers decide to postpone the first fertilization until the first plow, so that it is used more efficiently, since, as Andrade *et al.* (1996) mention, both the water and the fertilizer must be in the soil in a sufficient amount to guarantee a fast growth and initial development of seedlings, since water is what transports most of the nutrients that feed the plants (INFOFOS, 1997). Díaz *et al.* (1999) also found a low adoption in fertilization opportunity, even when there were no problems with soil humidity, and they explained it to the fact that there were additional costs associated, or else because they were busy with various activities within their own land plots.

Although pesticides and herbicides are not part of the recommendations from the Puebla Plan (Table 1), farmers used these chemical products as part of the technology used to decrease the damages that plagues and weeds cause on the maize crop. With regards to pesticide application (Table 7), farmers mentioned that grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) is the principal plague affecting maize yield, but only 63.4% of them use pesticides for its control, mainly methyl parathion, which is one of the pesticides recommended for the region (SAGAR, 2000; CESAVEG, 2007). Lesser still was the use of herbicides, since only a fourth of those interviewed used them, primarily 2,4-D amine, a herbicide that has been recommended for the region (INIFAP-PRODUCE, 1997). In addition, because of the economic impact that the use of pesticides represents, farmers used the dosage of 1

Cuadro 7. Porcentaje de agricultores que utilizaron insecticidas y herbicidas en los agrosistemas del Valle de Puebla.
Table 7. Percentage of farmers who used insecticides and herbicides in Valle de Puebla agrosystems.

Agrosistemas	Plaga (%) Chapulín	Insecticidas (%)					Herbicidas (%)				
		Parathión metílico	Malathión	Carbaril	Metamidofos	Total	2, 4 Damina	Paraquat	Ácido 2, 4-D	Atrazina	Total
111	80.6	55.6	13.9	2.8	0.0	72.3	30.6	0.0	2.8	2.8	36.2
112	60.0	28.0	20.0	0.0	0.0	48.0	24.0	4.0	8.0	4.0	40.0
211	82.4	52.9	11.8	0.0	11.8	76.5	11.8	0.0	0.0	5.9	17.7
212	91.7	83.3	8.3	0.0	0.0	91.6	8.3	0.0	0.0	0.0	8.3
22	47.6	28.6	0.0	0.0	0.0	28.6	19.0	0.0	4.8	0.0	23.8
Promedio	72.5	49.7	10.8	0.6	2.4	63.4	18.7	0.8	3.1	2.5	25.2

Cuadro 8. Porcentaje de agricultores que recibieron recomendaciones técnicas para la producción de maíz en la última década.
Table 8. Percentage of farmers who received technical recommendations for maize production in the last decade.

Instancia	Oferta de tecnología (%)					Total
	Semilla para siembra	Densidad de plantas	Dosis de fertilización	Herbicidas	Insecticidas	
BANRURAL	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
SAGAR-SAGARPA	0.9	0.0	1.8	0.0	2.7	5.4
Plan Puebla	0.0	3.6	9.0	4.5	4.5	21.6
Sanidad vegetal	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8
Casa comercial	1.8	0.9	1.8	2.7	4.5	11.7
Independiente	0.9	0.9	1.8	0.9	0.9	5.4
Total	5.4	5.4	14.4	8.1	14.4	47.7

después de la siembra, lo cual se considera inadecuado, pues este debe ser aplicado en los primeros 40 días. Aunque una parte de la población afirma haber recibido recomendaciones sobre el uso de herbicidas (Cuadro 8), es evidente que persiste el desconocimiento en el uso correcto de estos productos, lo que puede afectar negativamente el rendimiento del maíz, pues de acuerdo con López y Marcano (1992) una de las causas que ocasionan la disminución del rendimiento de maíz es el control ineficiente de las malezas, a pesar del empleo de herbicidas.

Oferta de tecnología

En el Cuadro 8 se presentan los componentes tecnológicos ofertados y las instancias activas en los pasados 10 años. Los datos evidenciaron que tanto instancias gubernamentales como privadas dieron a conocer la oferta tecnológica, pero sólo al 47% de los agricultores, sobresaliendo el Plan Puebla y la casa comercial. Los componentes tecnológicos más ofertados, aunque sólo al 14.4% de los agricultores, fueron la dosis de fertilización, por su importancia en el rendimiento, y los insecticidas, para controlar al chapulín, la principal plaga del maíz en la región. Cabe destacar que las instancias privadas, aun cuando ofertaron todos los componentes tecnológicos, su mayor participación fue en los herbicidas e insecticidas. Es probable que el papel de las casas comerciales en la oferta de tecnología se incremente, por la poca participación de la SAGARPA y Sanidad Vegetal, y por la menor actividad del Plan Puebla en la asistencia técnica.

Demanda de tecnología

Después de conocer cómo se está utilizando la tecnología y de saber cómo se está desarrollando su oferta, fue necesario saber qué es lo que demandan

liter per hectare, both for herbicides and insecticides, and in the case of herbicides, these were applied 45 to 70 days after sowing, which is considered inadequate because it must be applied within the first 40 days. Although a part of the population affirms having received recommendations regarding the use of herbicides (Table 8), it is evident that ignorance about the correct use of these products persists, which can negatively affect the maize yield, since according to López and Marcano (1992), one of the causes that result in a decrease of maize yield is the inefficient control of weeds, in spite of the use of herbicides.

Technology offer

Table 8 presents the technological components offered and the active instances for the past 10 years. Data evidenced that both government and private instances communicated the technological offer, but only to 47% of the farmers, with the Puebla Plan and the commercial house standing out. Technological components more often offered, although only to 14.4% of the farmers, were fertilization dosages, because of their importance in yield, and of insecticides, to control grasshoppers, the main maize plague in the region. It is worth highlighting that private instances, even when offering all the technological components, had their greatest participation in herbicides and insecticides. It is likely that the role of commercial houses in technology offer will increase, because of the scarce participation from SAGARPA and Sanidad Vegetal, and because of the lower activity from the Puebla Plan in technical assistance.

Technology demand

After understanding how technology is being used and knowing how its offer is developing, it was necessary to understand what farmers in Valle de

actualmente los agricultores del Valle de Puebla. La información contenida en el Cuadro 9 muestra los componentes tecnológicos en los cuales los agricultores del Valle de Puebla manifestaron más interés. El 72% de ellos demandaron tecnología, principalmente en el uso de agroquímicos: dosis de fertilización, momento adecuado para la aplicación del fertilizante, y uso de insecticidas. En un segundo nivel estuvieron los asociados a la siembra: fechas de siembra y densidad de población. El único componente que fue solicitado en menos de 50% fue el uso de herbicidas. Los resultados sugieren que los agricultores están demandando tecnología sobre aspectos que puedan hacer más eficiente sus prácticas productivas y mejorar los rendimientos de su cosecha. El que requieran orientación principalmente sobre aspectos asociados al uso de agroquímicos puede atribuirse a que por el costo de estos componentes no están dispuestos a conducir procesos de prueba y error, y sobre los cuales no existen antecedentes derivados del conocimiento tradicional. La alta demanda de tecnología en la mayoría de los componentes tecnológicos está acorde con la poca oferta de tecnología presentada en el Cuadro 8.

Un aspecto que llamó la atención es que, por su edad, es muy probable que los agricultores ya hayan participado en alguno de los programas de difusión tecnológica del Plan Puebla, por lo que muchos de ellos deben tener conocimiento de las 34 recomendaciones generadas para maíz en el Valle de Puebla, lo que sería contradictorio a la actual cantidad de demanda tecnológica. La explicación que los mismos agricultores dieron fue que ellos desean saber si ya hay nuevas recomendaciones basadas en los actuales cambios climáticos y económicos, de tal manera que estas puedan mejorar sus rendimientos, y por lo tanto su economía.

CONCLUSIONES

A diez años de la disminución de la actividad institucional en apoyo al campo en el Valle de Puebla, los rendimientos de maíz se mantienen bajos, representando 29.8% del rendimiento potencial, debido a que sólo 68.6 % de los agricultores mostraron un grado de adopción de tecnología alto, y a que la tecnología más utilizada fue la densidad de plantas y el nitrógeno, aunado a que éste último no fue utilizado en la cantidad y oportunidad recomendada. Adicionalmente, la fecha de siembra principal fue la intermedia, que sumada al mediano control del chapulín y al ineficiente combate de malezas han estado ocasionando un efecto negativo en el potencial de rendimiento del maíz.

A pesar de la edad avanzada de los agricultores, de los que se supone que ya han obtenido información

Cuadro 9. Porcentaje de agricultores que demandaron recomendaciones tecnológicas para el cultivo de maíz en el Valle de Puebla.

Table 9. Percentage of farmers who demanded technological recommendations for maize cultivation in Valle de Puebla.

Recomendación tecnológica	Productores (%)
Periodo de siembra	72
Densidad de plantas	72
Dosis de fertilización	82
Oportunidad de fertilización	82
Herbicidas	41
Insecticidas	81
Promedio	72

Puebla currently demand. The information contained in Table 9 shows the technological components about which farmers in Valle de Puebla manifested most interest. Of them, 72% demanded technology, mainly the use of agro-chemicals: fertilization dosage, adequate moment for fertilizer application, and insecticide use. Those associated to sowing were at a second level: sowing dates and population density. The only component requested in less than 50% was herbicide use. Results suggest that farmers are demanding technology regarding aspects that can make their productive practices more efficient and improve their harvest yields. The fact that they require guidance primarily about aspects associated to the use of agro-chemicals can be attributed to the fact that they are not willing to carry out trial and error processes because of cost of these components, and about which there are no antecedents derived from traditional knowledge. The high demand for technology in most of the technological components agrees with the low technological offer presented in Table 8.

An aspect that stood out is that, because of their age, it is very likely that farmers have already participated in one of the programs for technological diffusion from the Puebla Plan, which is why many of them must have knowledge about the 34 recommendations generated for maize in Valle de Puebla, something that would contradict the current degree of technological demand. The explanation that farmers themselves gave was that they want to know whether there are new recommendations based on the current climatic and economic changes, so that these could improve their yields, and therefore their economy.

CONCLUSIONS

Ten years after the decrease in institutional activity for field support in Valle de Puebla, maize yields remain low, representing 29.8% of the potential yield,

sobre el paquete tecnológico para la producción de maíz, estos aún siguen demandando tecnología, con la idea de que las nuevas opciones sean más acordes a los cambios climáticos y económicos, de tal manera que les permita obtener más beneficios.

En ese sentido, se requiere de una reactivación de las instituciones gubernamentales, ya que estas han disminuido su papel en la oferta del paquete tecnológico y en la generación de nuevas tecnologías, para que de esa manera se mejoren los actuales rendimientos de grano del maíz en la región.

Durante el desarrollo de la investigación, los agricultores manifestaron su percepción de un efecto negativo en el rendimiento del maíz por parte de un cambio climático. Por lo tanto, será recomendable llevar a cabo una investigación que proporcione información precisa sobre el efecto que pudiera tener el inicio, cantidad y distribución de las lluvias sobre el desarrollo del cultivo y el rendimiento del maíz.

NOTAS

⁴Ponderación: se tomó como base los valores del cálculo del Índice de Apropiación de Tecnología Agrícola, en Damián-Huato 2007, 25% para dosis de fertilización, 15% para densidad de plantas. Suma 35%. De las cinco dosis de fertilización de la recomendación (Cuadro 1), se obtuvo el promedio de nitrógeno que fue 124 kg, de fósforo 44 kg, de potasio 16 kg, suma 184 kg, igual a 100%; de estos, aplicando la regla de tres simple, resultó para nitrógeno 67%, fósforo 24%, potasio 9%, igual a 100%; finalmente, por regla de tres simple, la ponderación para nitrógeno resultó 47%, para fósforo 17%, para potasio 6% y para densidad de plantas 30%.
 ◆ Weighing: values from calculations by the Agricultural Technology Appropriation Index (*Índice de Apropiación de Tecnología Agrícola*) were used as the basis (Damián-Huato, 2007), 25% for fertilization dosage, 15% for plant density. The sum is 35%. Out of the five fertilization dosages from the recommendation (Table 1), the nitrogen average was obtained, which was 124 kg, phosphorous 44 kg, potassium 16 kg, adding up to 184 kg, equal to 100%; out of these, by applying a simple rule of three, the results are 67% nitrogen, 24% phosphorous, 9% potassium, equal to 100%; finally, by a simple rule of three, weighing for nitrogen resulted in 47%, for phosphorous 17%, for potassium 6%, and for plant density 30%.

Agradecimientos

A la Coordinación Sectorial de Desarrollo Académico, por el financiamiento otorgado para esta investigación, y a la Dirección General de Educación Tecnológica

because only 68.6% of the farmers showed a high degree of technology adoption, and because the most commonly used technology was plant density and nitrogen, in addition to the latter not being used in the amount and opportunity recommended. Additionally, the principal sowing date was the intermediate, which added to the medium control of grasshopper and the inefficient weed control, have been causing a negative effect in maize's potential yield.

In spite of the advanced age of farmers, who have supposedly already obtained information about the technological package for maize production, they are still demanding technology, with the idea that the new options will be more in agreement to climatic and economic changes, in such a way that allows them more benefits.

In this sense, a reactivation of government institutions is required, since these have decreased their role in the technological package offer and in the generation of new technologies, so that in this manner, the current maize grain yields in the region can be improved.

During the development of this research, farmers manifested their perception of a negative effect on maize yields from climate change. Therefore, it would be advisable to carry out research that provides precise information about the effect that the beginning, amount and distribution of rains can have on the maize crop development and yield.

Acknowledgements

To *Coordinación Sectorial de Desarrollo Académico*, for financing granted for this research; and to *Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria*, for the support given for graduate studies. To farmers in the municipalities of San Andrés Calpan, Domingo Arenas and San Miguel Huejotzingo, for their support.

- End of the English version -

Agropecuaria, por las facilidades brindadas para el estudio de postgrado. A los agricultores de los municipios de San Andrés Calpan, Domingo Arenas y San Miguel Huejotzingo, por las facilidades otorgadas.

LITERATURA CITADA

Aceves, R. E., P. A. López, R. R. Mendoza, C. B. E. Herrera, F. J. I. Cortés, O. A. Muñoz, y F. A. Turrent. 1993. Identificación de nuevos materiales de maíz para incrementar la productividad en tres agrosistemas del Plan Puebla. In: Vargas, L. S.; Peña, O. B. y Castro, R. D. (eds). Informe Técnico del Plan Puebla 1993. CP-CEICADAR. Puebla, Pue. pp: 16-17.

- Andrade, F. H., A. G. Cirilo, S. A. Uhrt, y M. E. Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalb Press. Buenos Aires Argentina. 292 p.
- Ávila, D. J. A. 1974. Factores que pueden actuar como restricciones en la aplicación de las recomendaciones del Plan Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 137 p.
- Barraco, M., y M. Díaz-Zorita. 2005. Momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en hapludoles típicos. *CI. Suelo (Argentina)* 23: 197-203.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1974. El Plan Puebla: Siete años de experiencia: 1967-1973. El Batán, México. 127 p.
- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2007. Campaña de manejo fitosanitario de cultivos básicos, Chapulín. 12 p.
- Conde, C., R. M. Ferrer, C. Gay, y R. Araujo. 2004. Impactos del cambio climático en la agricultura en México. <http://www2.ine.gov.mx/publicaciones/libros/437/conde.html>. Fecha de consulta: 20:00-5-11-2009.
- Damián, H. M. A., B. Ramírez V., F. Parra I., A. Paredes J., A. Gil M., A. Cruz L., y J. F. López O. 2007. Apropiación de tecnología por productores de maíz en el estado de Tlaxcala, México. *Agricultura Técnica de México*. 33: 163-173.
- Díaz, C.H., S. L. Jiménez, R. J. Laird, y F. A. Turrent. 1999. El Plan Puebla: 25 Años de Experiencias: 1967-1992. Análisis de una Estructura de Desarrollo de la Agricultura Tradicional. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 172 p.
- INFOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo A.C. México y Norte de Centro América). 1997. Maximice la eficiencia de su fertilizante mediante curvas de absorción de N, P y K en maíz de grano. *Informaciones Agronómicas* 2: 1-10.
- INIFAP-PRODUCE. 1997. Guía para la asistencia técnica agrícola en el área de influencia del Campo Experimental Tecamachalco. Centro de Investigación Región Centro-Campo Experimental Tecamachalco, Pue. Guía Técnica. pp: 140-146.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Anuario Estadístico del estado de Puebla. Tomo I y II. Edición 2006.
- INEGI. 1993. Anuario estadístico del estado de Puebla. Edición 1993.
- INEGI. 1994. Anuario estadístico del estado de Puebla. Edición 1994.
- INEGI. 1995. Anuario estadístico del estado de Puebla. Edición 1995.
- INEGI. 1996. Anuario estadístico del estado de Puebla. Edición 1996.
- INEGI. 1997. Anuario estadístico del estado de Puebla. Edición 1997.
- INEGI. 1998. Anuario estadístico del estado de Puebla. Edición 1998.
- INEGI. 1999. Anuario estadístico del estado de Puebla. Edición 1999.
- INEGI. 2000. Anuario estadístico del estado de Puebla. Tomo II. Edición 2000.
- INEGI. 2001. Anuario estadístico del estado de Puebla. Tomo II. Edición 2001.
- INEGI. 2002. Anuario estadístico del estado de Puebla. Tomo II. Edición 2002.
- INEGI. 2003. Anuario estadístico del estado de Puebla. Tomo II. Edición 2003.
- INEGI. 2004. Anuario estadístico del estado de Puebla. Tomo II. Edición 2004.
- Johnson, E. W. 2000. Forest sampling desk reference. CRC Press. USA.
- López, R., y J. J. Marcano A. 1992. Efectos de dos herbicidas y sus mezclas sobre el rendimiento en maíz (*zea mays* L) y la dinámica poblacional de malezas. *Agronomía tropical*. 42: 161-173.
- Ordaz, J. L. 2007. México: capital humano e ingresos. Retornos a la educación 1994-2005. CEPAL, Serie Estudios y perspectivas, México, No 90. 70 p.
- Palmieiri, R.V., y C. M. Marín. 1989. Generación, transferencia y adopción de tecnología en maíz. MAC-CIID-IICA. 40 p.
- Ramírez Valverde, Benito. 1999. Modelo económico, desarrollo agrícola y producción de maíz en una región campesina. *In: Filemón Parra e Ignacio Ocampo (coord). Experiencias y aportaciones en la investigación científica y tecnológica para el desarrollo rural. TOMO I. Apertura económica, políticas públicas y aspectos sociales del desarrollo. Editorial: Altres Costa Amic. 2009. pp: 69-88.*
- Regalado, L. J., L. Jiménez S., J. Laird R., N. Estrella Ch., J. A. Paredes S., y B. Ramírez V. 1996. Factores asociados a la utilización de la tecnología de alta productividad entre productores de maíz de temporal. *Agrociencia* 30: 139-145.
- SAGAR (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). 2000. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. Dirección General de Sanidad Vegetal. 504 p.
- SDR (Secretaría de Desarrollo Rural). 2006. Base de datos electrónica del Padrón de Productores del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) PV/2006. Estado de Puebla. Documento electrónico.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2009. Estadística de producción de maíz de temporal en el estado de Puebla, 2003-2008. <http://www.siap.gov.mx/>. Fecha de consulta: 16:00-29-10-09.
- Turrent, F., A., F. J. I. Cortés, R. R. Mendoza, A. J. L. Alonso, A. J. Díaz, S. C. Bárcenas, I. E. Inzunza, y N. Estrella Ch. 1994. Desarrollo de un prototipo de explotación agropecuaria familiar para el Distrito de Desarrollo Rural de Cholula-Plan Puebla. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 228 p.
- Unda, J., V. Barrera, y P. Gallegos. 1998. Estudio de adopción e impacto económico del manejo integrado del gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) en comunidades campesinas de la Provincia de Chimborazo. Proyecto FORTIPAPA [INIAP-COSUDE]. Ecuador. p 1-29. <http://www.redepapa.org/socioeconomica-red3.html>. Fecha de consulta: 20:00-12-8-2009.
- Vicini, L. E. 2000. Adopción de tecnología agrícola. *Horizonte Agroalimentario, Argentina*. 1: 10-13.