

Análisis del capital humano en el sector agropecuario de México*

Analysis of human capital in the agricultural sector of Mexico

Venancio Cuevas-Reyes^{1§}

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. Tel. 01(800) 0882222, ext. 85340. [§]Autor para correspondencia: cuevas.venancio@inifap.gob.mx.

Resumen

El objetivo del trabajo consistió en analizar el capital humano existente en instituciones de investigación y desarrollo del sector agropecuario, así como la relación que existe entre el número de doctorados en ciencias agropecuarias con el valor de bienes y servicios producidos en el sector primario en México durante el periodo 1994 a 2011. La información fue obtenida de los censos sobre ciencia y tecnología, y del banco de información económica de instituciones nacionales e internacionales. Se elaboró un modelo de regresión lineal simple y, además se analizó la información con tasas medias de crecimiento anual. Se encontró que existe una posible relación lineal ($p < 0.05$) entre el producto interno bruto del sector agropecuario y el número de doctorados graduados en las ciencias agropecuarias; asimismo, se evidenció un incremento en el número de investigadores con nivel de doctorado en instituciones de investigación y desarrollo en México. Se concluye, que es necesario continuar con el apoyo para mejorar el nivel y calidad de capital humano pero igual es necesario incrementar la cantidad de investigadores en el sector agropecuario del país.

Palabras clave: capacitación, investigación agrícola, recursos humanos.

Abstract

The objective of this study was to analyze human capital in research and development institutions in the agricultural sector, as well as the relationship between the number of doctorates in agricultural sciences and the value of goods and services produced in the primary sector in Mexico during the period 1994 to 2011. The information was obtained from the censuses on science and technology, and from the economic information bank of national and international institutions. A simple linear regression model was developed and the information was also analyzed with mean annual growth rates. It was found that there is a possible linear relationship ($p < 0.05$) between the gross domestic product of the agricultural sector and the number of doctorates graduated in agricultural sciences. Likewise, there was an increase in the number of researchers with a Ph. D. research and development in Mexico. It is concluded that it is necessary to continue with the support to improve the level and quality of human capital, but it is also necessary to increase the number of researchers in the agricultural sector of the country.

Keywords: agricultural research, human resources, training.

* Recibido: octubre de 2017
Aceptado: noviembre de 2017

El capital humano se considera un factor propiciador de desarrollo y crecimiento económico. Schultz (1961) define al capital humano como aquel que incluye componentes cualitativos, tales como la habilidad, los conocimientos y atributos similares que afectan la capacidad individual para realizar el trabajo productivo. El conocimiento está integrado en los seres humanos por medio de la educación, así como a través de diversas formas de aprendizaje informal. Algunos estudios señalan que el grado de escolaridad de los individuos de un país tiene efectos positivos en el crecimiento económico del producto interno bruto (PIB) (Barro, 1991; Mankiw *et al.*, 1992; Benhabib y Spiegel, 1994; Cohen y Soto, 2007).

En México, los estudios sobre capital humano se han enfocado a nivel general de la economía; se ha estudiado el impacto de contar con un mayor grado de estudios en el nivel de ingreso (Carnoy, 1967), la relación que existe entre la inversión en capital humano y el ingreso salarial de los individuos (Rojas *et al.*, 2000) y más recientemente, sobre las externalidades significativas del capital humano a nivel estatal en México (Villarreal, 2016). El objetivo del trabajo consistió en analizar el capital humano existente en instituciones de investigación y desarrollo del sector agropecuario, así como la relación que existe entre el número de doctorados en ciencias agropecuarias con el valor de bienes y servicios producidos en el sector primario en México durante el periodo 1994 a 2011.

La información sobre el número de investigadores que se encuentran laborando en instituciones de investigación y desarrollo (I+D) del sector agropecuario en México fue obtenida de la base de datos sobre indicadores de ciencia y tecnología agropecuaria (ASTI) del Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) (ASTI, 2016), así como de las fichas técnicas sobre indicadores de I+D agropecuario para México realizadas por el programa Indicadores de ciencia y tecnología agropecuaria del IFPRI (Flaherty *et al.*, 2016). Para realizar el análisis del número de investigadores existentes en instituciones del sector agropecuario, se utilizó el concepto de investigadores equivalente de tiempo completo (ETC) propuesto por Stads *et al.* (2016) el cual toma en cuenta la parte del tiempo que los investigadores dedican a actividades específicas de investigación y desarrollo (I+D).

La variable relacionada con la cantidad de recursos humanos capacitados con estudios de posgrado en México durante el periodo 1994 a 2011 fue obtenida de los censos sobre ciencia

The human capital is considered a propitiating factor for development and economic growth. Schultz (1961) defines human capital as one that includes qualitative components such as skill, knowledge and similar attributes that affect the individual capacity to perform productive work. Knowledge is integrated into human beings through education, as well as through various forms of informal learning. Some studies indicate that the level of schooling of individuals in a country has a positive effect on the economic growth of gross domestic product (PIB, for its acronym in Spanish) (Barro, 1991; Mankiw *et al.*, 1992; Benhabib and Spiegel, 1994; Cohen and Soto, 2007).

In Mexico, studies on human capital have focused on the general level of the economy; has studied the impact of having a greater degree of studies at the income level (Carnoy, 1967), the relationship between investment in human capital and wage income of individuals (Rojas *et al.*, 2000) more recently, on the significant externalities of human capital at the state level in Mexico (Villarreal, 2016). The objective of this study was to analyze human capital in research and development institutions in the agricultural sector, as well as the relationship between the number of doctorates in agricultural sciences and the value of goods and services produced in the primary sector in Mexico during the period from 1994 to 2011.

Information on the number of researchers working in research and development (R+D) institutions in the agricultural sector in Mexico was obtained from the Agricultural Science and Technology Indicators (ASTI) database of the International Research Institute (IFPRI) (ASTI, 2016), as well as the fact sheets on agricultural R+D indicators for Mexico carried out by Indicators of Agricultural Science and Technology of IFPRI (Flaherty *et al.*, 2016). To perform the analysis of the number of researchers in institutions in the agricultural sector, we used the concept of full-time equivalent researchers (FTE) proposed by Stads *et al.* (2016) which takes into account the part of the time that researchers dedicate to specific research and development activities (R+D).

The variable related to the number of human resources trained with postgraduate studies in Mexico during the period 1994 to 2011 was obtained from the censuses on science and technology of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI, 2016). While the value of gross domestic product (PIBA, for its acronym in Spanish), measured in millions of pesos at 2008 prices, was obtained

y tecnología del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2016). Mientras que el valor del producto interno bruto agropecuario (PIBA), medido en millones de pesos a precios de 2008, fue obtenido del sistema de información económica del Banco de México (BANXICO, 2016). El PIBA del sector primario en México incluye el valor de bienes y servicios del sector agrícola: cría y explotación de animales, el aprovechamiento forestal, así como actividades de pesca y caza.

La tasa media de crecimiento anual (TMCA) fue utilizada como herramienta para analizar la tendencia del número de investigadores involucrados en instituciones de I+D agropecuario en México. La fórmula para calcularla fue: $TMCA = [((Vf/Vi)(1/n-1))-1]*100$. Donde: Vf= valor final de la serie de datos; Vi= valor inicial de la serie de datos; n= número total de años que se evalúa la serie.

El modelo de regresión lineal simple se caracteriza porque para estimar o predecir la variable dependiente sólo se utiliza una variable independiente o exógena (Gujarati, 1992), el modelo se representa a través de la siguiente ecuación.

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

Para todo $i = 1, \dots, n$. Donde: n= número de observaciones; los coeficientes; α y β son los parámetros desconocidos que indican respectivamente, la ordenada en el origen y la pendiente o coeficiente de la regresión; ϵ es la perturbación aleatoria que recoge todos aquellos hechos no observables y que, por lo tanto, se asocian con el azar. El modelo estimado se obtuvo a partir de la siguiente ecuación.

$$PIBA = \alpha + \beta doc + \epsilon$$

Donde: PIBA= es el valor de la producción del producto interno bruto del sector agropecuario medido en millones de pesos a precios de 2008; doc= es el número de estudiantes con nivel doctorado graduados del área de las ciencias agropecuarias en México; ϵ = error aleatorio. La prueba de hipótesis planteada para β_1 fue H_0 = no existe relación lineal entre el PIBA y el número de doctorados graduados en las ciencias agropecuarias, contra la hipótesis alternativa: H_1 = existe relación lineal entre el PIBA y el número de doctorados graduados en las ciencias agropecuarias.

from the Banco de México's economic information system (BANXICO, 2016). The PIBA of the primary sector in Mexico includes the value of goods and services of the agricultural sector: animal husbandry and exploitation, forestry, as well as fishing and hunting activities.

The average annual growth rate (TMCA, for its acronym in Spanish) was used as a tool to analyze the trend in the number of researchers involved in R+D agricultural institutions in Mexico. The formula to calculate it was: $TMCA = [((Vf/Vi)(1/n-1))-1]*100$. Where: Vf= final value of the data series; Vi= initial value of the data series; n= total number of years that the series is evaluated.

The simple linear regression model is characterized in that only an independent or exogenous variable is used to estimate or predict the dependent variable (Gujarati, 1992), the model is represented by the following equation.

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_i + \epsilon_i$$

For all $i = 1, \dots, n$. Where: n= number of observations; the coefficients α and β are the unknown parameters that indicate respectively, the ordinate at the origin and the slope or coefficient of the regression; ϵ is the random perturbation that collects all those facts not observable and that, therefore, are associated with chance. The estimated model was obtained from the following equation.

$$PIBA = \alpha + \beta doc + \epsilon$$

Where: PIBA= is the value of the production of the gross domestic product of the agricultural sector measured in millions of pesos at 2008 prices; doc= is the number of graduate students graduated from the area of agricultural sciences in Mexico; ϵ = random error. The hypothesis test proposed for β_1 was H_0 = there is no linear relation between the PIBA and the number of doctorates graduated in the agricultural sciences, against the alternative hypothesis: H_1 = there is a linear relation between the PIBA and the number of doctorates graduated in the sciences agriculture.

The robustness of the model was validated as follows: the absence of multicollinearity was verified using the tolerance index and the variance inflation factor (FIV). According to Pérez (2005) a large FIV and a small tolerance index may

La robustez del modelo fue validada de la siguiente manera: la ausencia de multicolinealidad se verificó utilizando el índice de tolerancia y el factor de inflación de la varianza (FIV). Según Pérez (2005) un FIV grande y un índice de tolerancia pequeño pueden indicar posible presencia de colinealidad, de esta forma si el valor del FIV es igual a 1 no están correlacionados. Para verificar la correlación serial de los residuos se aplicó la prueba de Durbin Watson (DW) (Gujarati, 1992). Se utilizó el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para estimar el modelo. Las hipótesis se probaron al nivel de 5% de significancia. Finalmente, el análisis estadístico fue realizado con el software estadístico Minitab 16.

La adquisición y disponibilidad capital humano especializado (investigadores) en las instituciones de investigación y desarrollo (I+D) en México, ha sufrido impactos diferenciados en los últimos años. Por un lado, durante el periodo 2006 a 2013, el número total de investigadores en las instituciones de educación superior aumentó a una TMCA de 4.51% para investigadores con nivel de doctorado y 0.67% para investigadores con nivel maestría; esto representó un aumento durante el periodo de 410.3 investigadores de tiempo completo que se incorporaron en estas instituciones. En contraste, el número de investigadores con nivel de maestría en centros públicos de investigación y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), tuvieron tasas de crecimiento negativas durante el mismo periodo, 1.76% para los centros públicos de investigación y 2.67% para el INIFAP. Este mismo comportamiento ocurrió para el número de investigadores con nivel de licenciatura en ambas instituciones de I+D. Por otro lado, la TMCA positiva de investigadores con nivel de doctorado ha tenido un incremento en los tres tipos de instituciones (Cuadro 1).

Estos resultados aportan evidencia para reafirmar la existencia de un bajo número de investigadores a nivel nacional. Lo cual concuerda con datos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), quien señala que la proporción de investigadores en México por cada mil integrantes de la población económicamente activa (PEA) en el año 2012 fue de 0.9, cifra que está muy por debajo de los países avanzados, como Alemania con 7.9, o el Reino Unido, con 8.2 (CONACYT, 2014).

indicate possible presence of collinearity, so if the value of FIV is equal to 1 they are not correlated. To verify the serial correlation was applied of the residues the Durbin Watson test (DW) (Gujarati, 1992). The ordinary least squares (OLS) method was used to estimate the model. The hypotheses were tested at the 5% level of significance. Finally, the statistical analysis was performed with the Minitab 16 statistical software.

The acquisition and availability of specialized human capital (researchers) in research and development (R+D) institutions in Mexico has suffered different impacts in recent years. On the one hand, during the period 2006 to 2013, the total number of researchers in higher education institutions increased to a TMCA of 4.51% for researchers with doctoral level and 0.67% for researchers with masters level; this represented an increase over the period of 410.3 full-time researchers who joined these institutions. In contrast, the number of researchers with a master's degree in public research centers and the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) had negative growth rates during the same period, 1.76% for public research centers and 2.67% for INIFAP. This same behavior occurred for the number of researchers with a bachelor's degree in both R+D institutions. On the other hand, the positive TMCA of researchers with doctoral level has had an increase in the three types of institutions (Table 1).

Cuadro 1. Crecimiento anual de investigadores en el sector agropecuario en México, 2006-2013.

Table 1. Annual growth of researchers in the agricultural sector in Mexico, 2006-2013.

Instituciones	Licenciatura	Maestría	Doctorado
Educación superior	-0.21	0.67	4.51
Centros públicos	-3.96	-1.76	1.35
INIFAP	-1.83	-2.67	0.8

Fuente: elaboración con base a datos obtenidos por ASTI (2016).

These results provide evidence to reaffirm the existence of a low number of researchers at the national level. This is in line with data from the National Council for Science and Technology (CONACYT), which states that the proportion of researchers in Mexico per thousand members of the economically active population (PEA) in 2012 was 0.9, a

El modelo estimado sobre la relación del capital humano con estudios de doctorado y el valor de la producción agrícola en México fue el siguiente: PIBA= 1 208 385+1985*doc.

El coeficiente de determinación ajustado (R^2) fue 92.6%, esto significa que 92.6% de la variabilidad del PIBA es explicada por su relación lineal con el número de doctorados graduados. Los resultados obtenidos de tabla para el estadístico Durbin Watson son: $D_{inf}=1.158$ (límite inferior), $D_{sup}=1.391$ (límite superior). El coeficiente DW obtenido del modelo fue de 2, el cual es mayor al límite superior por lo tanto no existe evidencia de correlación de los datos. El valor de FIV es igual a 1 por lo que los datos no presentan multicolinealidad. Para verificar el supuesto de la normalidad, se realizó un análisis gráfico y la prueba de Shapiro-Wilk, concluyendo que los residuos siguen una distribución normal (Cuadro 2).

La prueba F fue de 213.26 y el p-value= 0 por lo que rechazamos H_0 y concluimos que existe una posible relación lineal entre el PIBA y el número de doctorados graduados en las ciencias agropecuarias. Estos resultados concuerdan con diversos estudios que han identificado una relación entre la educación y el nivel de capital humano con la productividad agrícola y el crecimiento económico (Pudasaini, 1983; Azhar, 1991; Barro, 1991; Cohen y Soto, 2007; Islam *et al.*, 2016). De esta forma, mejorar e incrementar el nivel de capital humano involucrado en instituciones de I+D del sector agropecuario resulta relevante para alcanzar una mayor eficiencia de los recursos destinados al sector primario en México.

Stads *et al.* (2016) señala que es necesario contar con científicos a nivel doctorado para plantear, gestionar y realizar investigaciones de alta calidad efectivamente, comunicarse con los encargados de crear las políticas, los donantes y otros actores, tanto localmente como a través de foros regionales e internacionales y para aumentar las oportunidades de que los institutos obtengan fondos competidos.

Conclusiones

La adquisición y disponibilidad de capital humano especializado en las instituciones de investigación y desarrollo en México, ha sufrido impactos diferenciados

figure below those of advanced countries, such as Germany with 7.9, or the United Kingdom with 8.2 (CONACYT, 2014).

The estimated model of the relationship between human capital and doctoral studies and the value of agricultural production in Mexico was as follows: PIBA= 1 208 385+1985*doc.

The adjusted coefficient of determination (R^2) was 92.6%, which means that 92.6% of the PIBA variability is explained by its linear relationship with the number of doctorates graduated. The results obtained from the table for the Durbin Watson statistic are: $D_{inf}=1.158$ (lower limit), $D_{sup}=1.391$ (upper limit). The DW coefficient obtained from the model was 2, which is higher than the upper limit so there is no evidence of correlation of the data. The value of FIV is equal to 1 so the data do not present multicollinearity. To verify the normality assumption, a graphical analysis and the Shapiro-Wilk test were performed, concluding that the residues follow a normal distribution (Table 2).

Cuadro 2. Resultados de la aplicación del modelo de regresión lineal.

Table 2. Results of the application of the linear regression model.

Variable	Coefficiente	Std error	t	Prob
Constante	1 208 385	15 843	76.27	0
Doc	1 985.2	135.9	14.6	0
R-cuadrado	93%			
R-ajustado	92.6%			
F	213.26			
Sig	0			
Estadístico Durbin-Watson	2.02			
FIV	1			

PIBA=variable dependiente; doc= variables predictoras; n= 18.

The F-test was 213.26 and the p-value= 0, so we rejected H_0 and concluded that there is a possible linear relationship between the PIBA and the number of doctorates graduated in the agricultural sciences. These results agree with a number of studies that have identified a relationship between education and the level of human capital with agricultural productivity and economic growth (Pudasaini, 1983; Azhar, 1991; Barro, 1991; Cohen and Soto, 2007; Islam *et al.*, 2016). In this way, improving and increasing the level of human

en los últimos años. Por un lado, durante el periodo 2006 a 2013 el número total de investigadores con estudios de posgrado en las instituciones de educación superior aumentó a una tasa media de crecimiento anual de 4.51% y 0.67% para investigadores con nivel de doctorado y maestría, respectivamente. En contraste, el número de investigadores con nivel de maestría, tuvieron tasas de crecimiento negativas durante el mismo periodo; 1.76% para los centros públicos de investigación y 2.67% para el INIFAP. El modelo de regresión obtenido identificó que existe una posible relación lineal entre el valor del producto interno bruto del sector agropecuario y el número de doctorados graduados en ciencias agropecuarias en México. En futuras investigaciones se recomienda incluir nuevas variables explicativas tales como: número de patentes obtenidas en el sector agropecuario, número de instituciones de investigación y desarrollo y número de investigadores y otras variables relacionadas con el capital humano tales como años de experiencia, habilidades cognitivas y edad. Se concluye que es necesario continuar con el apoyo para mejorar el nivel y calidad de capital humano a nivel posgrado, pero igual se requiere incrementar la cantidad de investigadores del sector agropecuario en instituciones de enseñanza e investigación así como los centros públicos de investigación del país.

Literatura citada

- ASTI. 2016. Agricultural science and technology indicators. Datos y análisis de libre acceso sobre inversión y capacidad de investigación agropecuaria en países de bajo y mediano ingreso. <https://www.asti.cgiar.org/es/data>.
- Azhar, R.A. 1991. Education and technical efficiency during the green revolution in Pakistan. *Econ. Devel. Cult. Change.* 39(3): 651-665.
- BANXICO. 2016. Banco de México. Sistema de información económica. <http://www.banxico.org.mx/sieinternet/consultardirectoriointernetaction.do?sector=2&accion=consultarcuadro&idcuadro=cr142&locale=es>.
- Barro, J. R. 1991. Economic growth in a cross section of countries. *Q. J. Econ.* 106(2):407-443.
- Benhabib, J. and Spiegel, M. M. 1994. The role of human capital in economic development: evidence from aggregate cross-country data. *J. Monetary Econ.* 34(1):143-173.
- Carnoy, M. 1967. Earnings and schooling in Mexico. *Econ. Devel. Cult. Change.* 15(4):408-419.
- Cohen, D. and Soto, M. 2007. Growth and human capital: good data, good results. *J. Econ. Growth.* 12(1):51-76.
- CONACYT. 2014. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Programa especial de ciencia, tecnología e innovación 2014-2018. <http://www.conacyt.mx/imagenes/conacyt/PECiTL2014-2018.pdf>.

capital involved in R+D institutions in the agricultural sector is relevant in order to achieve greater efficiency of resources for the primary sector in Mexico.

Stads *et al.* (2016) points out that it is necessary to have scientists at the doctoral level to raise, manage and conduct high-quality research effectively, to communicate with policy-makers, donors and other actors, both locally and through regional forums and to increase the opportunities for institutes to obtain competing funds.

Conclusions

The acquisition and availability of specialized human capital in research and development institutions in Mexico has suffered different impacts in recent years. On the one hand, during the period 2006 to 2013 the total number of researchers with postgraduate studies in institutions of higher education increased at an average annual growth rate of 4.51% and 0.67% for researchers with doctoral and master's degree, respectively. In contrast, the number of researchers with masters level had negative growth rates during the same period; 1.76% for public research centers and 2.67% for INIFAP. The obtained regression model identified that there is a possible linear relationship between the value of the gross domestic product of the agricultural sector and the number of doctorates graduated in agricultural sciences in Mexico. In future research, it is recommended to include new explanatory variables such as: number of patents obtained in the agricultural sector, number of research and development institutions and number of researchers and other variables related to human capital such as years of experience, cognitive skills and age. It is concluded that it is necessary to continue the support to improve the level and quality of human capital at the postgraduate level, but it is equally necessary to increase the number of researchers in the agricultural sector in teaching and research institutions as well as the public research centers of the country.

End of the English version



- Flaherty, K.; Pérez, S.; Cuevas, R. V. y Moctezuma, L. G. 2016. Ficha técnica-indicadores de I+D Agropecuario en México. <https://www.asti.cgiar.org/es/publications/mexico-factsheet>.

- Gujarati, D. 1992. *Econometría*. Mc-Graw Hill Interamericana. 2^{da} edición. México. 597 p.
- INEGI. 2016. *Actividades científicas y tecnológicas: recursos humanos*. www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=19007.
- Islam, R.; Bashawir, A. A. G.; Kusuma, B. and Theseira, B. B. 2016. Education and human capital effect on Malaysian economic growth. *Inter. J. Econ. Financial Issues*. 6(4):1722-1728.
- Mankiw, N.G.; Romer, D. and Weil, N. D. 1992. A contribution to the empirics of economic growth. *Q. J. Econ.* 107(2):407-437.
- Pérez, L. 2005. *Métodos estadísticos avanzados con SPSS*. Thomson. 1^{ra} edición. Madrid. 792 p.
- Pudasaini, S. P. 1983. The Effects of education in agriculture: evidence from Nepal. *Am. J. Agr. Econ.* 65(3):509-515.
- Rojas, M.; Angulo, H. y Velázquez, I. 2000. Rentabilidad de la inversión en capital humano en México. *Economía Mexicana Nueva Época*. 1(2):113-142.
- Schultz, T.W. 1961. Investment in human capital. *Am. Econ. Rev.* 51(1):1-17.
- Stads, G. J.; Beintema, N.; Pérez, S.; Flaherty, K. y Falconi, C. 2016. *Investigación agropecuaria en Latinoamérica y el Caribe. Un análisis de las instituciones, la inversión y las capacidades entre países*. <https://www.asti.cgiar.org/es/publications/lac-regional-report2016>.
- Villarreal, P. E. M. 2016. Externalidades del capital humano en México. *El Trimestre Económico*. 4(332):747-788.