

LOS FACTORES PRODUCTIVOS Y LA EDUCACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE TARWI EN EL ALTIPLANO NORTE DE BOLIVIA

The productive factores and education in lupinel (Tarwi) production on the north of bolivian altiplano

Gladys J. Chipana Mendoza¹, Rubén Trigo Riveros², Hugo Bosque Sánchez³, Sven-Erik Jacobsen⁴, Geovana Mercado Ramos⁵, Iber Callisaya Estrada⁶, Edwin Contreras Fernández⁶, Justina Condori Mamani⁶

RESUMEN

En Bolivia el tarwi (*Lupinus mutabilis*) junto a otros granos andinos son considerados como granos de oro, cuya producción se basa en el análisis de eficiencia técnica, económica y de sustentabilidad. Las funciones de producción se fundamentan en el desarrollo de metodologías paramétricas, de factores y productos para llegar a la mejor toma de decisiones, misma que a su vez tiene influencia la educación del agricultor. Investigaciones efectuadas en una comunidad del Altiplano Norte de Bolivia, indica que las familias producen tarwi tratando de minimizar los costos de producción. Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron estimar la influencia de la educación sobre la función de producción y de tarwi en la comunidad de Markahilata. La metodología consistió en la ejecución de 31 encuestas socioeconómicas bajo muestreo aleatorio simple para una población finita, la metodología para alcanzar estos objetivos mediante la aplicación de funciones Cobb - Douglas, contrastándose hipótesis sobre perturbaciones aleatorias como la no normalidad, autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad. Los principales resultados muestran que los factores semilla y mano de obra encuentran en la segunda fase de producción, mientras la superficie y maquinaria son utilizados en la tercera fase producción. El estudio de la influencia de la educación muestra que el nivel de escolaridad 1 y 2 tienen efectos positivos sobre la superficie y maquinaria, con efectos negativos en la mano de obra y semilla. La comunidad de Markahilata es un claro ejemplo de la situación de varias comunidades que producen tarwi en la región del Altiplano Norte boliviano, donde algunos factores son eficientemente utilizados mientras que otros necesitan de apoyo para una mejor producción.

Palabras claves: Tarwi; Producción; Funciones Coob Douglas; Altiplano Norte Boliviano.

ABSTRACT

In Bolivia, lupine (tarwi) along with other Andean grains are considered as gold grains, whose production is based on the analysis, of technical efficiency, economic efficiency and sustainability. Production functions are based on the development of parametric methods, of factors and products to reach the best decisions, which at the same time, is influenced by the farmer's level of education. A research conducted in a community of northern Altiplano in Bolivia, shows that families produce lupine trying to minimize production costs. The objectives of this research were to estimate the influence of education, on the production function of lupine in the community: Markahilata. In order to achieve these goals, the methodology consisted in implementing 31 socio-economic surveys under simple random sampling for a finite population, through the application of Cobb - Douglas functions, by contrasting hypotheses about random perturbations, such as: non- normality, autocorrelation, heteroscedasticity and multicollinearity. The main results show that the factors: seed and labor, are in the second phase of production, while the surface and the equipment are used in the third production phase. The study of the influence of education shows that the levels of schooling 1 and 2 have positive effects on the surface and machinery, with negative effects on labor and seed. Markahilata community is a clear example of the situation in various communities that produce lupine, in the region of Bolivian Northern Altiplano, where some factors are used efficiently, while others need support for better production.

Key Words: Lupine; Production; Cobb - Douglas functions; Bolivian Northern Altiplano.

¹ Consultora. Proyecto ANDESCROP. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.

² Coordinador Alterno. Proyecto ANDESCROP. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.

³ Coordinador Nacional. Proyecto ANDESCROP. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.

⁴ Coordinador General. Proyecto ANDESCROP. Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad de Copenhague. Dinamarca.

⁵ Doctorante. Proyecto ANDESCROP. Facultad de Ciencias de la Vida. Universidad de Copenhague. Dinamarca.

⁶ Técnicos Investigadores. Proyecto ANDESCROP. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.

1. INTRODUCCIÓN

El tarwi en Bolivia junto a otros granos andinos son conocidos como “granos de oro” caracterizados por contener proteínas de alto valor biológico como los aminoácidos esenciales y de gran valor nutricional, siendo un potencial para la industria denominándose “la soya andina” mostrando gran adaptabilidad ante el cambio climático (IBCE, 2009) principalmente cultivado en el Altiplano Norte que es la zona comprendida entre el lago Titicaca y el lago Poopó con mayor grado de mercantilización por las ferias y nuevos pueblos donde la producción es netamente primaria sin acceder a los procesos de transformación (MDRyT, 2012).

Entre los principales aspectos de gran importancia en la producción de cualquier cultivo, se encuentra el análisis de la eficiencia, sea esta técnica, económica o de sustentabilidad. La estimación de las funciones de producción se fundamenta en el desarrollo de metodologías paramétricas, estableciendo relaciones entre los factores y productos con el fin de llegar a la mejora en la toma de decisiones, misma que a su vez tiene influencia del grado de educación del agricultor (Álvarez y Arias, 2004).

Investigaciones efectuadas por Mollinedo (2012) en la comunidad de Carabuco en el Altiplano Norte de Bolivia, indica que la mayoría de las familias producen

tarwi tratando de minimizar los costos de producción, sembrando al voleo, sin efectuar labores culturales y con mínimo empleo de insumos agrícolas. Por otro lado, no se halló bibliografía sobre el análisis de la función de producción y de la influencia de la educación sobre la producción del tarwi.

Señalados los fundamentos de la importancia del cultivo de tarwi, los objetivos del trabajo de investigación son: estimar el óptimo económico de los factores que influyen sobre la función de producción y evaluar la influencia de la educación sobre la producción de tarwi en las familias de la comunidad de Markahilata perteneciente al Altiplano Norte boliviano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización

La comunidad de Markahilata pertenece al municipio de Puerto Mayor Carabuco, tercera sección de la provincia Camacho del departamento de La Paz (Figura 1), geográficamente se sitúa entre los 11°53' y 17°51' grados de latitud Sur y 66°16' y 69°38' de longitud Oeste, a una altitud que oscila entre los 3.820 a 4.482 msnm. Señalar que la provincia Camacho está situada en la sub región de la cuenca del Altiplano muy próximo al lago Titicaca (PDM Carabuco, 2010).

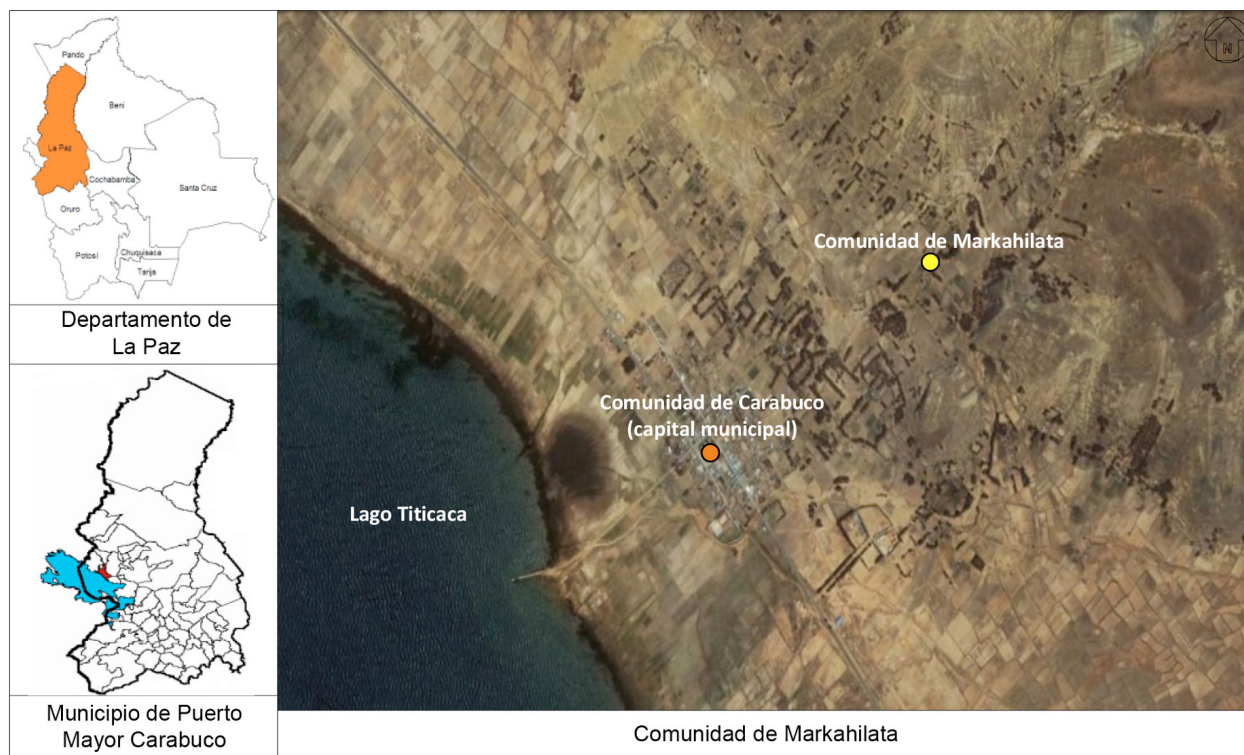


Imagen satelital Google Earth 2014, WGS 84, Zona 19 S

Figura 1. Ubicación de la comunidad de Markahilata del Altiplano Norte de Bolivia.

2.2 Recolección de Datos

Consistió en la ejecución de una encuesta socioeconómica, la cual es una técnica que permite hacer inferencias sobre la población que fue seleccionada, pudiendo realizarse una encuesta piloto consistente en un ensayo del cuestionario en condiciones reales, donde se ponen a prueba los aspectos fundamentales de la encuesta principal (Azorin y Sánchez, 1994). La encuesta se la realizó mediante una entrevista, la cual es una situación interpersonal cara a cara donde una persona (el entrevistador) le plantea a otra persona (el entrevistado) preguntas diseñadas para obtener respuestas pertinentes al problema de investigación (Cannell y Kahn, 1968; citado por Kerlinger y Howard, 2001), siendo el cuestionario un instrumento muy relacionado con la entrevista, teniéndose así un sistema de preguntas que tiene como finalidad obtener datos para una investigación (Pardinas, 1980).

El tamaño de la muestra fue calculado considerando un error del 10% y nivel de confianza del 90%, aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}} \quad (1)$$

Donde:

- N = Tamaño de la población económicamente activa (Número de habitantes/comunidad).
- N = Tamaño de la muestra deseada a conocer.
- e = Error (10 %).
- Z = Nivel de confianza del 90% (z = 1,64).
- p = Proporción a favor de un evento (0,5).
- q = Proporción en contra de un evento (0,5).

El método de muestreo aplicado fue el aleatorio simple para una población finita, que según Vicente y Alcázar (2007) consisten en elegir al azar los individuos seleccionados, siendo este tipo de muestreo recomendable, en poblaciones no numerosas de concentración en un área pequeña.

De acuerdo a la metodología planteada, se encuestó a 31 de las 60 familias que viven en la comunidad de Markahilata el mes de enero del año 2013.

2.3 Análisis de la Información

La función de producción según Gujarati y Porter (2010), se la obtiene aplicando el modelo Coob - Douglas que debe cumplir con los supuestos usuales del modelo de regresión lineal, a saber: a) el modelo es lineal en los parámetros pudiendo no serlo en las variables explicativas(Xi), b) los valores observados de las variables explicativas son fijos en muestreos repetidos, c) la media del término error de la estimación es igual a cero, d) la varianza del término error de la estimación es la misma para todas las observaciones (homocedasticidad), e) no existe autocorrelación entre los valores encontrados del término error, f) no existe correlación entre el término error y las variables explicativas, g) el número de observaciones (n) es mayor al número de parámetros a estimar, h) no todos los valores de las variables explicativas (Xi) deben ser iguales, i) el modelo de regresión está correctamente especificado y j) no existen relaciones perfectamente lineales entre las variables explicativas, así también, la estimación lineal se obtiene por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, en ese sentido, para el trabajo de investigación se cumplió con la aplicación de estos supuestos.

El modelo es una función homogénea de grado uno, donde la forma funcional del modelo es:

$$Y = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{b_3} \dots \dots X_n^{b_n} \quad (2)$$

El modelo así representado no es lineal, por lo que debe linealizarse aplicando un método llamado anamorfosis, que implica aplicar logaritmos neperianos al mismo, obteniéndose:

$$\ln Y = \ln A + b_1 \ln X_1 + b_2 \ln X_2 + b_3 \ln X_3 + \dots \dots + b_n \ln X_n \quad (3)$$

Renombrando términos se tiene lo siguiente:

$$z = a + b_1 w_1 + b_2 w_2 + b_3 w_3 + \dots \dots + b_n w_n \quad (4)$$

Una vez estimado el modelo y los coeficientes de regresión parcial(b_i), se pueden calcular las identidades económicas que interesan en el modelo original.

El producto físico medio se obtiene mediante la

siguiente fórmula:

$$PFMeX_i = Y/X_i = (A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{b_3} \cdot \dots \cdot X_n^{b_n}) \div X_i \quad (5)$$

El producto físico marginal se obtiene mediante la fórmula:

$$PFMg = \delta Y / \delta X_i \quad (6)$$

$$PFMgX_1 = b_1 \cdot PFMeX_1 \quad (7)$$

La elasticidad de producción es calculada mediante la siguiente expresión:

$$Ep_{xi} = PFMgX_i / PFMeX_i \quad (8)$$

Retornos de la educación sobre la producción con el modelo "Mincer" y examina los efectos del nivel de educación no solamente sobre el volumen producido, sino también sobre las elasticidades parciales de producción. La misma usa funciones del tipo Coob - Douglas con variables discretas y dicotómicas (Gujarati y Porter, 2010), el modelo es el siguiente:

$$Y = X_1^{b_1 + \delta_1 W_1 + \delta_2 W_2} \cdot X_2^{b_2 + \delta_3 W_1 + \delta_4 W_2} \cdot X_3^{b_3 + \delta_5 W_1 + \delta_6 W_2} \cdot X_4^{b_4 + \delta_7 W_1 + \delta_8 W_2} \cdot e^{\alpha + \theta Z + \gamma_1 W_1 + \gamma_2 W_2} \quad (9)$$

Donde:

- Y = Producción agropecuaria medida en términos de volumen (kg).
- X₁ = Mano de obra familiar empleada en la producción de tarwi.
- X₂ = Superficie cultivada de tarwi (ha).
- X₃ = Uso de maquinaria propia o alquilada (h).
- X₄ = Cantidad de semilla de tarwi empleada en el proceso productivo (Kg).
- Z = Asistencia técnica, como variable dicotómica o dummy, que vale uno si el productor ha recibido algún tipo de asistencia técnica y cero si no es el caso.
- W₁ = Escolaridad, como variable dicotómica o dummy, que vale uno si el productor tiene vencidos entre 1 y 5 años de escuela y cero en otro caso.
- W₂ = Escolaridad, como variable dicotómica o dummy, que vale uno si el productor tiene vencidos entre 6 y 12 años de escuela y cero

en otro caso.

Obteniéndose el siguiente modelo linealizado:

$$\ln Y = \alpha + (b_1 + \delta_1 W_1 + \delta_2 W_2) \ln X_1 + (b_2 + \delta_3 W_1 + \delta_4 W_2) \ln X_2 + (b_3 + \delta_5 W_1 + \delta_6 W_2) \ln X_3 + (b_4 + \delta_7 W_1 + \delta_8 W_2) \ln X_4 + \theta Z + \gamma_1 W_1 + \gamma_2 W_2 \quad (10)$$

Para la interpretación de las variables asistencia técnica, escolaridad 1 y escolaridad 2, el cálculo fue el siguiente:

$$\text{Valor esperado} = (\text{antilogaritmo de la variable} - 1) \cdot 100 \quad (11)$$

Al mismo tiempo, tanto para hallar la función de producción como para estimar la influencia de la educación sobre la producción del tarwi se contrastó la hipótesis sobre perturbaciones aleatorias como la no normalidad, autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad, mediante la aplicación de pruebas estadísticas como Jarque-Bera, Durbin-Watson y White (PASW, 2009).

3. RESULTADOS

3.1 Función de Producción del Tarwi

La estimación del óptimo económico de la función de producción del cultivo de tarwi, fue hallada mediante el modelo Cobb - Douglas, en función de los factores: tierra, semilla, maquinaria agrícola y mano de obra total empleada en la producción de tarwi (Tabla 1). Se realizó diferentes pruebas de supuestos que infieren en el modelo Cobb - Douglas, como son la normalidad, autocorrelación, heterocedasticidad y multicolinealidad. La normalidad fue determinada por el test paramétrico de Jarque-Bera, que establece que la distribución de residuos es normal a una probabilidad de 41%. Así también, el resultado de la prueba Durbin-Watson es de 2,17 indicando que no existe autocorrelación, la prueba de White a una probabilidad significativa del 56% establece que la varianza es constante y homocedástica rechazando la heterocedasticidad, así también, dado que el coeficiente de regresión es igual a 0,92 se puede decir que no hay indicios de multicolinealidad.

El ajuste estadístico del modelo es bueno (R²= 93%), los factores de producción muestran que a una variación del 100% de la cantidad de semilla y mano de obra ocasionará un incremento del 92% y 2%, respectivamente en la producción del tarwi, contrariamente a una variación del 100% en la superficie y maquinaria ocasionara un decremento del 13% y 2%, respectivamente en la producción de

tarwi. La elasticidad total de producción alcanza a 0,78 indicando que si existe un incremento de todos los insumos al mismo tiempo, el producto aumentara en 78%, habiendo rendimientos crecientes a escala.

Tabla 1. Variables del modelo de función de producción sobre el cultivo del tarwi

Factores de Producción	Coefficiente	Probabilidad "t"	Media	Producto físico medio (PFMe)	Producto Físico Marginal (PFMg)	Elasticidad de producción
Constante	0,46	0,70				
Superficie (ha)	-0,13	0,52	0,09	2.239,78	-297,89	-0,13
Semilla (kg)	0,92	0,00	82,37	2,55	2,34	0,92
Maquinaria (h)	-0,02	0,83	0,92	227,89	-5,46	-0,02
Mano de obra	0,02	0,87	2,68	78,52	1,41	0,02
Total			210,25			0,78

Como resultado se tiene que los factores semilla y mano de obra se encuentran en la segunda fase de producción, donde el PFMe es menor al PFMg y positivo, es decir en la etapa económica de producción, opuestamente, los factores superficie

y maquinaria son utilizados en la tercera fase antieconómica de producción (Figura 2), esto debido a que estos factores no están siendo empleados en forma eficiente por el productor.

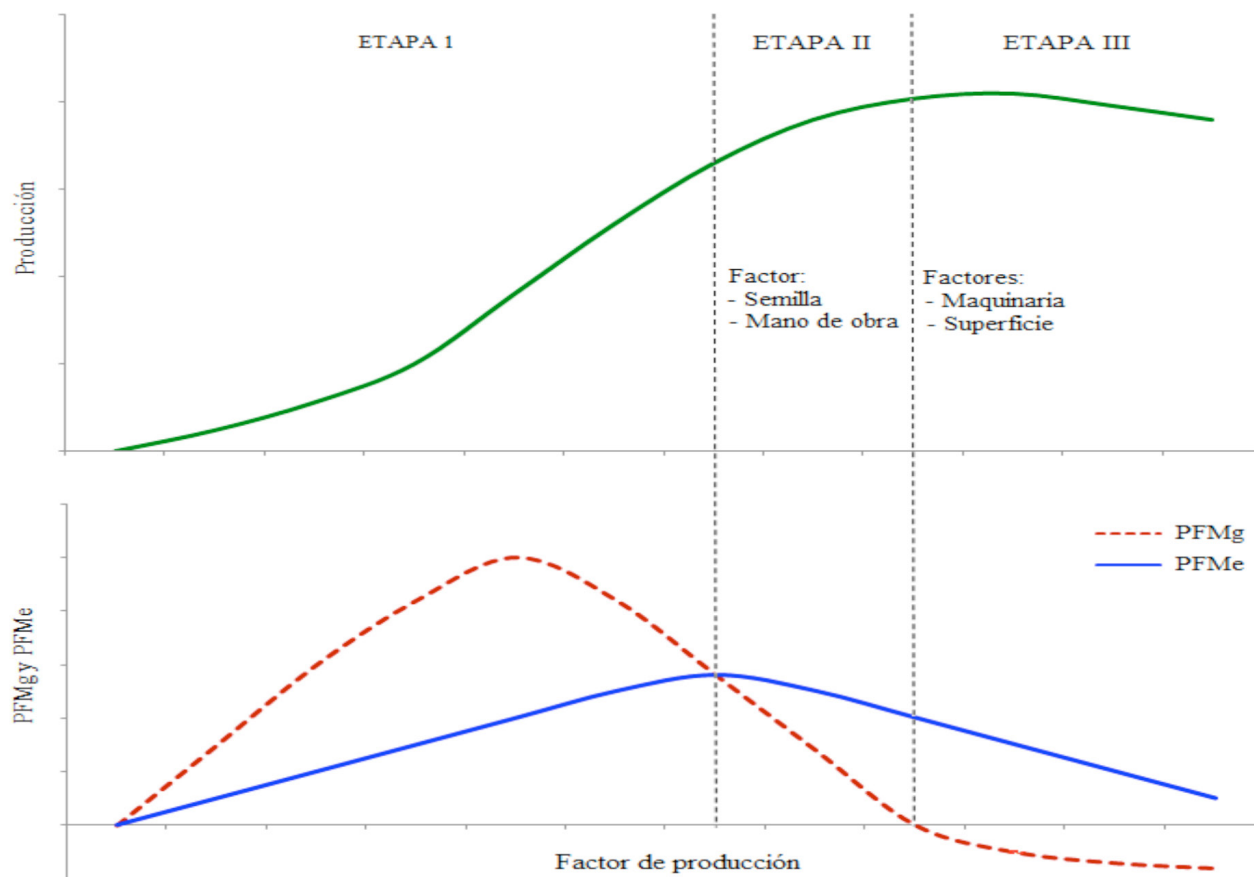


Figura 2. Distribución de los factores en las etapas de la función de producción del tarwi.

3.2 Retornos de la Educación sobre la Producción del Tarwi

El modelo fue estimado bajo funciones del tipo Cobb-Douglas, tomando en cuenta variables discretas como mano de obra, tierra, maquinaria, semilla, volumen producido y variables, dicotómicas como la asistencia técnica, 1 a 5 años de escolaridad y 6 a 12 años de escolaridad.

El resultado de los supuestos que infieren sobre el modelo, muestran que la distribución es normal a una probabilidad de 51%, el resultado de la prueba Durbin - Watson es 1,9 indicando que no existe autocorrelación. Así mismo, la prueba de White a una probabilidad significativa del 46% establece que la varianza es constante y la homocedástica, rechazando la heterocedasticidad. Debido a que el coeficiente de regresión es significativo y los coeficientes deregresión individuales no lo son, se puede decir que hay indicios de multicolinealidad. La bondad de ajuste del modelo explica el 95% el comportamiento de las variables en relación a los efectos de la educación sobre la producción. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del modelo de retornos de Cobb – Douglas de la Educación sobre la producción del tarwi.

Variable	Coefficiente	Probabilidad “t”
Constante	-6,428	0,380
Escolaridad 1 x Mano de obra	-0,140	0,507
Escolaridad 1 x Tierra	1,365	0,298
Escolaridad 1 x Maquinaria	0,224	0,373
Escolaridad 1 x Semilla	-1,306	0,215
Escolaridad 2 x Mano de obra	-0,012	0,958
Escolaridad 2 x Tierra	1,066	0,409
Escolaridad 2 x Maquinaria	0,165	0,554
Escolaridad 2 x Semilla	-1,089	0,313
Asistencia técnica	0,132	0,531
Escolaridad 1 (1 a 5 años)	9,187	0,236
Escolaridad 2 (6 a 12 años)	7,322	0,343

Los resultados obtenidos muestran que el incremento del 100% en el nivel de educación 1, produce un decremento del 14% en la productividad de la mano de obra sobre la producción del tarwi, esto debido a que si los productores culminan el nivel primario de estudio (1° a 5° de primaria), ellos desearan dedicarse a otras actividades no agrícolas. Al mismo tiempo, el incremento del 100% en el mismo nivel de educación, produce un incremento del 136% en el factor productivo tierra, indicando que esta etapa escolar para el productor de la comunidad es de importancia,

en razón a que, mediante la lectura y aprendizaje el agricultor toma conciencia de la importancia de la conservación del suelo y manejo del cultivo.

El incremento del 100% en el nivel de educación 1, ocasiona un incremento del 22,4% en el uso de la maquinaria agrícola, esto debido a que el agricultor posee conocimiento sobre los beneficios de la incorporación de tecnología sobre la producción. Asimismo, el incremento del 100% en este nivel de educación ocasiona un decremento del 130% en la elasticidad de producción de la semilla, esto debido a que el productor no tiene el conocimiento necesario sobre la cantidad y manejo adecuado de la semilla debido a que este es el cuarto cultivo de importancia en la región por lo que los agricultores prefieren capacitarse más en la producción de papa que es el cultivo de primera importancia, sin embargo cultivan el tarwi porque puede ser almacenado por largos periodos de tiempo pudiendo comercializarlo cuando tienen necesidades económicas.

Un incremento del 100% en el nivel de educación 2, ocasiona un decremento del 1,2% en la elasticidad parcial de producción de la mano de obra, indicando que si el agricultor termina la secundaria, el riesgo de la migración se reduciría. Así también, el incremento del 100% en el mismo nivel de educación, produce un incremento del 107% en la elasticidad del factor productivo tierra. Al mismo tiempo, un incremento del 100% en el nivel de educación 2, ocasiona un incremento del 16% en el factor maquinaria. A su vez, un incremento del 100% en el nivel de educación 2, origina un decremento del 109% en la elasticidad parcial de producción del factor semilla.

En el estudio realizado, la asistencia técnica posee una tasa de crecimiento del 13,2% indicando que la asistencia técnica dada por técnicos del Municipio de Carabuco y por técnicos del Proyecto ANDESCROP tiene efectos positivos sobre la producción como también lo tiene el nivel de escolaridad 1 y 2. A pesar de que las variables independientes explican las variaciones de la dependiente y la regresión es estadísticamente significativa en su conjunto a un nivel del 95% (estadístico F), individualmente la mayoría de los coeficientes no son significativos a ese nivel.

4. CONCLUSIONES

Si ocurre un incremento simultáneo generalizado de los factores superficie, semilla, maquinaria y mano de obra se producirá un incremento del 78% en la producción de tarwi habiendo rendimientos crecientes a escala. Asimismo, los niveles de educación 1 (1 a 5 años de escolaridad) y 2 (6 a 12 años de escolaridad) muestran que existen influencias positivas y negativas sobre los factores superficie, semilla, maquinaria y mano de obra, mismos aspectos que son mejorados en un 13,2 % por la asistencia técnica relacionada con el cultivo de tarwi.

Los factores semilla y mano de obra son usadas económicamente por el productor, siendo que si se incrementa el uso de estos factores se tendrá mayor producción de tarwi, sin embargo, los niveles de educación 1 y 2 tienen efectos negativos sobre estos dos factores pudiéndose decir que a mayor nivel de escolaridad, la producción de tarwi disminuye en la región debido a los productores prefieren dedicarse a otras actividades no agrícolas. Por otro lado, los factores maquinaria y superficie son empleadas antieconómicamente por el productor, es decir, que a un incremento de estos factores la producción del tarwi tiende a disminuir, pero al mismo tiempo se observó que los niveles de escolaridad 1 y 2 tienen efectos positivos provocando incremento en la producción de tarwi, debido a que los productores tienen mejores conocimientos sobre el adecuado manejo del suelo.

La comunidad de Markahilata es un claro ejemplo de la situación de muchas familias y comunidades que producen tarwi en la región del Altiplano Norte boliviano, donde algunos factores son eficientemente utilizados mientras que otros necesitan de apoyo para una mejor producción.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al proyecto ANDESCROP, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por el financiamiento de la presente Investigación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A., Arias, C., 2004. Technical efficiency and farm size: a conditional analysis. *Agricultural Economics* 30, 241-250.
- Azorín F., Sánchez J., 1994. Métodos y aplicaciones de muestreo. Ed. Alianza. 1ª ed. Madrid, España. 393 p.
- Gujarati D., Porter D., 2010. *Econometría*, 5ª ed, México. 946 p.
- IBCE (Instituto Boliviano de Comercio Exterior), 2009. Exportemos. Publicación No 31. La Paz, Bolivia. Recuperado en Abril de 2012, de <http://www.ibce.org.bo/exportemos/exportemos31.pdf>
- Kerlinger F., Howard B., 2001. Investigación del comportamiento; métodos de investigación en Ciencias Sociales. Ed. Mc Graw – Hill. 4ª ed. Distrito Federal, México. 785p.
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), 2012. Compendio Agropecuario: observatorio agroambiental y productivo. La Paz, Bolivia. 409 p.
- Pardinas F., 1980. Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales. Ed. Siglo XX. Bogotá, Colombia. 211p.
- PASW 18, 2009. (DC-ROM). (Programa de cómputo). 1 CD-ROM.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal de Carabuco), 2010. La Paz-Bolivia. 268 p.
- Vicente J., Alcázar J., 2007. Bioestadística aplicada a ciencias veterinarias y zootécnicas. (CD-ROM). La Paz, Bolivia. 1 CD-ROM.