

**NATIONAL AUTONOMOUS UNIVERSITY OF NICARAGUA, LEON**  
**INVESTIGATION VICERECTOR, POSTPGRADUATE AND SOCIAL PROJECTION**  
**2 th SCIENTIFIC CONGRESS**  
**“THE INVESTIGATION A WAY TO THE KNOWLEGE AND DEVELOPMENT”**  
**17 NOVIEMBRE 2009**

**TECHNICAL EFFICIENCY ANALYSIS OF THE PNV UNIT UNAN-LEON USING**  
**PRODUCTION FUNCTION STOCHASTIC FRONTIER, 2007-2008**

Carlos Alberto Zuniga González \*

Copyright 2009 by [Carlos Alberto Zuniga González]. All rights reserved. Readers may make verbatim copies of this document for non-commercial purposes by any means, provided that this copyright notice appears on all such copies.

---

Abstract

This article measures and analyses the workers technical efficiency in the production virus unit of the Naun-Leon, during period 2007-2008. For our study we use sectional cruces data take on a normal half Distribution and the measure methodology known as Stochastic Frontier Production Function (Coelli, 1995).

The results shown, with technology known as production of polyhedrons nuclear virus (PNV), that the workers were underused in a 58 % during period of study. This indicator makes emphasis on the organizing levels workers to face the technology applied, training and education levels.

From this results, is advising to reflect about the combine of technology applied with the worker rational use, to refer the organization, technical training by up productive level and up technical efficiency.

In addition, I suggest the necessary for a worker reengineering or worker specializing of the unit PNV, focuses it in satisfies dose Production demand that involve the strengthening of business with farmers. Aggressive strategy business will be suggested.

Keyword: Stochastic Frontier Production, PNV, Technical Efficiency, Frontier, Efficiency.

---

\* NATIONAL AUTONOMOUS UNIVERSITY OF NICARAGUA, LEON. Business and Enterprise Science Faculty Economic Department Email [czuniga@unanleon.edu.ni](mailto:czuniga@unanleon.edu.ni) [czunigagonzales@gmail.com](mailto:czunigagonzales@gmail.com) Telephone 505 2311 0080 ext. 17.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON**  
**VICERRECTORIA DE INVESTIGACION, POSTGRADO Y PROYECCION SOCIAL**  
**2do CONGRESO CIENTIFICO**  
**"LA INVESTIGACION UN CAMINO AL CONOCIMIENTO Y AL DESARROLLO"**  
**17 NOVIEMBRE 2009**

**ANALISIS DE LA EFICIENCIA TECNICA DE LA UNIDAD DE VPN UNAN-LEON**  
**UTILIZANDO FUNCION DE PRODUCCION STOCHASTIC FRONTIER, 2007-2008**

Carlos Alberto Zuniga González\*

Copyright 2009 por [Carlos Alberto Zuniga González]. Todos los derechos reservados. Los lectores pueden hacer copias al pie de la letra de este documento para propósitos no comerciales por cualquier medio, establecido que este anuncio de copyright aparece en tales copias.

---

**Resumen**

Este artículo mide y analiza la eficiencia técnica de la mano de obra en la unidad de producción de virus de la Unan-León, durante el período 2007-2008. Para nuestro estudio utilizamos datos de cruces seccional asumiendo una distribución media-normal y la metodología de medición conocida como Stochastic Frontier Production Function (Coelli, 1995).

Con la tecnología conocida como producción de virus de la poliedrosis nuclear (VPN) los resultados demuestran que la mano de obra estuvo subutilizada en un 58 % durante el período de estudio. Este indicador hace énfasis en los niveles organizativos de la mano de obra de cara la tecnología aplicada, los niveles de entrenamiento y educación.

De estos resultados es aconsejable reflexionar sobre la combinación de la tecnología utilizada con el uso racional de la mano de obra, en cuanto a la organización, educación técnica como para elevar los niveles productivos y por ende elevar su eficiencia técnica.

De igual manera, se hace énfasis en la necesidad para una reingeniería de la mano de obra o especializada en la unidad de VPN focalizando la producción de dosis hacia la satisfacción de demanda (por pedido), que implica a su vez el fortalecimiento de la comercialización en canales de primera línea como la de productores(as). Una estrategia agresiva de comercialización sería conveniente.

Keyword: Stochastic Frontier Production, VPN, Eficiencia técnica, Frontera, Eficiencia.

---

\* UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía. Email czuniga@unanleon.edu.ni czunigagonzales@gmail.com Teléfonos 505 0080 ext. 17.

## **Introducción**

La unidad de producción de virus inicia sus operaciones aproximadamente desde 1986, sus primeras experimentaciones fueron realizadas en el campo y el laboratorio, inicialmente se trabajaba con dos personas. El producto o dosis se comienza a comercializar a mediados de 1995, ampliándose el personal de mantenimiento con dos personas más (4 personas). El objetivo de esta unidad es la de producir un tipo de insecticida biológico que les permita ofertar a los productores una alternativa no química y con ventajas competitivas superiores en lo económico y un impacto positivo del medio ambiente, en relación a los insecticida químicos utilizados en el campo para los rubros como cebolla, espárragos, maíz, melón, sandilla, soya, entre otras hortalizas.

El producto final que oferta esta unidad biológica es un insecticida que en su composición es biológica. Estos productos son derivados del insecto o gusanos plagas **Spodóptera**, lográndose producir dos tipos de insecticidas: **Spodóptera Exigua**, denominado soldado y **Spodóptera Sunia**, gusano cortador, se agrega **Spodóptera Frugiperda**, el famoso cogollero o palomilla del maíz. Los beneficios varían de acuerdo a las especies y las dosis de aplicación. De igual manera los costos de producción varían en cada especie de acuerdo al cuidado y mantenimiento del ciclo reproductivo.

Se plantea que con una dosis de este tipo de insecticida concentrada en una solución semisólida de 200 ml, el productor podrá aplicarlo a una manzana de producción, por tanto la utilización de la dosis estará en dependencia de los niveles de concentración y los requerimientos de aplicación que el productor demande.

Es importante describir brevemente el proceso de producción con el objetivo de valorar la eficiencia y productividad de la mano de obra. El proceso inicia en el laboratorio de cría, donde la fase de **Postura** está calculada por tres días, en tres días más tenemos la **Eclosión**, confirmado con el desarrollo larvario. En este momento seleccionan las larvas que continúen el ciclo reproductivo dando paso a la fase de **Pupa** y las que pasan al laboratorio de virus, esta fase se identifica como **Pasaje** o infección larval, dura de 9 a 10 días y cinco días para su muerte. En la fase de cosecha o recolecta se sacan larvas muertas infestadas por virus depositándola en una tacita que abarque 450 larvas.

Finalmente se elabora el producto o dosis diluyéndolo con agua en una sustancia líquida, amasándolo y filtrándolo (Zuniga: 2003).

Ahora bien, para efectos de nuestro estudio se aclara que en la tecnología aplicada estamos evaluando la eficiencia técnica de la unidad productiva y eso está referido a la utilización eficiente de la mano de obra.

### **Revisión de la literatura**

Podríamos decir que la medición de la eficiencia moderna inicia con Farrell (1957).

Su planteamiento es una continuación del trabajo de Debreu (1951) y Koopmans (1951) que consistía en definir una simple medida de eficiencia para relacionar un conjunto de inputs.

La contribución de Farrel fue introducir la medida mediante la gráfica de Isocuanta e Isocostos descomponiendo la eficiencia en técnica asignativa y eficiencia total.

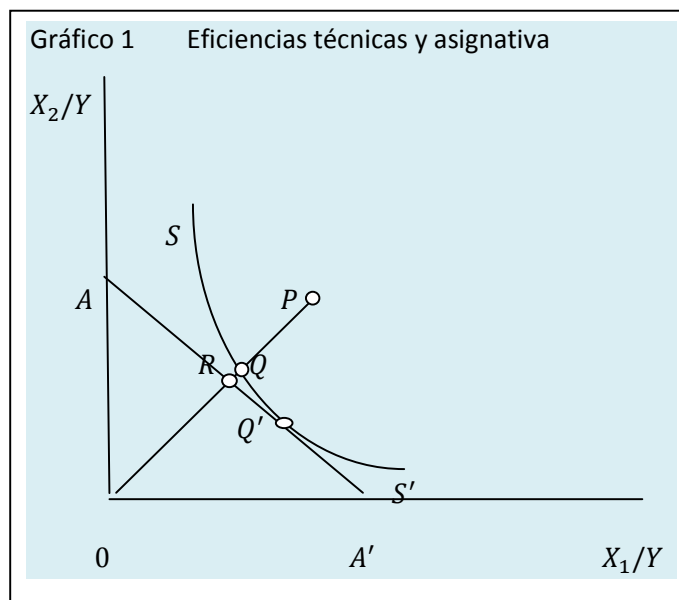
De tal manera, que la eficiencia consistía de dos componentes: a) eficiencia técnica, la cual refleja la habilidad de la finca para obtener el máximo output dado un conjunto de inputs, y b) eficiencia asignativa, la cual refleja la habilidad de una finca para usar las proporciones optimas de los inputs. La combinación de ambas nos resulta la medida de eficiencia total<sup>1</sup>.

Nos apoyaremos en el ejemplo sencillo de Farrell para ilustrar estas medidas donde se utiliza una finca con dos inputs ( $x_1$  y  $x_2$ ) para producir un solo output ( $Y$ ), bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, aunque Farrell, también discutió la extensión de su método con dos inputs, múltiple outputs y rendimientos a escala no constantes. En la gráfica # 1 se presenta la curva de Isocuanta que representa la completa eficiencia de la finca dado por  $SS'$ , y que permite la medición de la eficiencia técnica. El punto P define el uso de cantidades inputs aplicadas por una finca para producir una unidad de output, la eficiencia técnica de esa finca estará definida por la razón  $OQ/OP$ , la cual es la reducción proporcional en todos los inputs que pudo ser teóricamente realizada sin cualquier

---

<sup>1</sup> Farrell utiliza en sus terminología Firm en lugar de Finca, también usa eficiencia de precios, mientras Coelli, (1995) utiliza eficiencia asignativa que consideramos más conveniente en nuestro estudio, además de eficiencia total en lugar de eficiencia económica.

reducción en el output. Es de notar que el punto Q es eficientemente técnico porque se ubica en la Isocuanta eficiente.



La línea  $AA'$  representa el input razón de precio, también conocido como eficiencia asignativa (línea Isocoste). En el gráfico # 1 la eficiencia asignativa de una finca se explica por el punto P de donde se obtiene la razón  $OR/OQ$  desde la distancia  $RQ$  que representa la reducción en los costos de producción que ocurriría si la producción fuere a ocurrir en el punto  $Q'$  de la eficiencia asignativa, en lugar de la eficiencia técnica, pero ineficientemente asignativa en el punto  $Q$ . La total eficiencia económica es definida por la razón  $\frac{OR}{OP}$ , donde la distancia  $RP$  puede ser interpretada en términos de reducción de costos. El producto de la eficiencia técnica y asignativa resulta la eficiencia total,  $\left(\frac{OQ}{OP}\right) \left(\frac{OR}{OQ}\right) = \left(\frac{OR}{OP}\right)$ , y finalmente las tres medidas están en un rango de 0 a 1.

Dentro de los métodos que Farrell sugirió se encuentra la función paramétrica de forma Cobb Douglas ajustada a los datos. Dentro de los trabajos que fueron ajustando y extendiendo las contribuciones de Farrell, encontramos a Aigner and Chu (1968) quienes consideraron la estimación de una función de producción con un Frontier paramétrico en un espacio input/output. Ellos especificaron una función de producción Cobb Douglas en la forma logarítmica dada una muestra de N fincas:

$$\ln(y_i) = F(X_i; \beta) - \mu_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Donde  $y_i$  es el output de la  $i$ -ésima finca;  $X_i$  es el vector de las cantidades de inputs usadas por la  $i$ -ésima finca;  $\beta$  es un vector de parámetros desconocidos para ser estimados;  $F(\cdot)$  denota una función apropiada en este caso Cobb Douglas; y  $\mu_i$  es una variable no negativa que representa ineficiencia en la producción. Los parámetros del modelo fueron estimados usando programación lineal, donde  $\sum_{i=1}^N \mu_i$  es minimizado, sujeto a las restricciones que  $\mu_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, N$ . La razón observada de output del  $i$ -ésima finca, relaciona el output potencial definido por la Frontier estimada, dado el vector del input  $x_i$ , fue sugerido como una estimación de la eficiencia técnica de la  $i$ -ésima finca:

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(F(x_i; \beta))} = \exp(-\mu_i) \quad (2)$$

Esto se conoce como una medida output-orientado opuesto al input-orientado de una función de costo ecuación (1). Esta medida indica la magnitud del output de la  $i$ -ésima finca relativa al output que pudo ser producido por la completa eficiencia de la finca usando el mismo vector input.

La medida del output e input orientado provee una medida equivalente de la eficiencia técnica cuando existen rendimientos de escala, pero es desigual cuando incrementa o decrecen los rendimientos de escala presente (Fare and Lovell 1978).

Afriat (1972) especificó un modelo similar a (1), excepto que  $\mu_i$  fueron asumido para obtener una distribución gamma y los parámetros del modelo fueron estimados usando el método de máxima verosimilitud (ML). Richmond (1974) notando que los parámetros del modelo de Afriat pudo también ser estimado usando un método que ha sido conocido como mínimos cuadrados ordinarios corregido (MCO), donde el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) provee estimación insesgada de los parámetros de la pendiente y el estimador del (sesgado descendiente) MCO intercepto parámetro. Esto fue ajustado por la distribución del error de la muestra, obtenido de los residuos de MCO. Schmidt (1976) agregó a la discusión en ML Frontier por observar que los estimadores de la programación cuadrática y lineal propuesta por Aigner y Chu (1968) son estimadores de ML si el  $\mu_i$  fueron asumido para ser distribuido como exponencial o medida-normal de las variables al azar, respectivamente.

Una de las primeras críticas es que no se toma en cuenta la posible influencia de la medición de los errores y otros ruidos sobre la forma y posición del Frontier estimado, desde todas las desviaciones observadas del Frontier estimado para ser el resultado de la ineficiencia técnica. Timmer (1971) intentó direccionar este problema por hacer un ajuste al método de Aigner y Chu (1968) el cual involucra sacar un porcentaje de fincas más cercanas al estimado Frontier. La naturaleza arbitraria de la selección de algunos porcentajes de observaciones para omitir, ha significado, sin embargo, que el planteamiento probabilístico Frontier de Timmer no fue ampliamente seguido. Una alternativa del planteamiento para solucionar el problema del ruido ha sido sin embargo ampliamente adoptada.

#### Función de Producción Stochastic Frontier

Partiremos con explicar el concepto de Frontier (Frontera) que se refiere al objetivo o límite de la función, es decir la producción óptima ( $y^*$ ). Para nuestro estudio la teoría microeconómica explica el límite de la función de producción como en la maximización del output, dado un conjunto de inputs, o como en la minimización de costos, dado un conjunto de inputs. La función Frontier representa la tecnología de mejor práctica contra la cual la eficiencia de las fincas dentro del sector puede ser medida (Coelli, 1995).

El segundo concepto es el de eficiencia que regularmente se confunde con el de productividad. Eficiencia está relacionada con la inversión en la capacitación y la educación de la mano de obra. En cambio, la productividad puede expresarse de dos maneras. Una puede ser referida al estado de la tecnología cuando se invierte en la invención de controladores de biológicos de plagas, fertilizantes, insecticidas, etc. Una segunda manera es referida al cambio tecnológico que es lo más próximo a la existencia de un Frontier. Es así evidente, que el crecimiento productivo puede llevarse a cabo a través de progreso tecnológico o el mejoramiento de la eficiencia y que las políticas requeridas para conducir estas dos medidas son comúnmente diferentes (Coelli, 1995).

Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977) independientemente propusieron la estimación de una función de producción Stochastic Frontier, donde el ruido es contabilizado para agregar un término error simétrico ( $v_i$ ) para el error no negativo en (1) para proveer:

$$\ln(y_i) = F(x_i; \beta) + v_i - \mu_i, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Los parámetros de este modelo son estimados por ML, dado una suposición distribucional disponible para el término error. Aigner, Lovell y Schmidt (1977) asume que  $v_i$  tiene una distribución normal y  $u_i$  tiene una media normal o la distribución exponencial.

Esta especificación del modelo Stochastic Frontier no solamente condujo el problema del ruido asociado con la más temprana Frontier (determinística), sino también permitió la estimación de errores estándar y examinar la hipótesis, la cuales no fueron posible con los modelos determinístico más tempranos, porque de la violación de ciertas condiciones regulares ML (refiere a Schimidt 1976). El Stochastic Frontier no es, sin embargo, sin problemas. La principal crítica es que no hay a priori justificación para la selección de cualquier forma distribucional particular para el  $v_i$ . La especificación de la forma distribucional mas general, tales como la normal-trucada (Stevenson 1980) y los dos parámetros gamma (Greene, 1990), tiene aliviado parcialmente este problema, pero el resultado mide eficiencia aun de ser sensitiva al supuesto distribucional.

### **Base de Datos**

Para organizar la variable Output (Q) trabajamos con las dosis producidas independiente de sus variedades **Spodóptera: Spodóptera Exigua, y Spodóptera Sunia, Spodóptera Frugiperda**, la segunda variable (L) la organizamos sumando los valores de jornales utilizado en el proceso de producción pasando de la fase de postura, Eclosión, Pupa y Pasaje o infección de larva. La tercer variable (K) la construimos con los las dietas producidas como un insumo fuerte de inversión financiera en el proceso de producción y donde el Agar representa un costo relevante en la estructura de costos, en períodos de inestabilidad financiera la unidad de producción de virus recurre a la utilización de alternativas sustitutas como la tuza de maíz.

La siguiente tabla nos informa de la disponibilidad de datos utilizados en la aplicación del modelo eq (5). Es importante mencionar, que la disponibilidad de datos estuvo de acuerdo a la dinámica productiva, en tal sentido, de los dos años solamente seleccionamos una muestra de siete observaciones debido a que el resto presentaban datos



incongruentes al modelo Cobb Douglas, es decir descartamos los meses en que no se produjo dosis aunque hubiese invertido jornales y dietas elaboradas.

Panel de datos: 1(observado) 2(No observado) t=tiempo			
N	t=2007	t=2008	t=2007-08
1	1	0	1
2	1	0	1
3	1	0	1
4	1	0	1
5	1	0	1
6	1	0	1
7	0	1	1
	6	1	7

## Metodología

Hemos elegido la función de producción Stochastic Frontier porque se ajusta más a la disponibilidad de la base de datos de corte transversal en la medición de la eficiencia de la unidad de producción de virus. Este método nos permite valorar la eficiencia técnica la mano de obra en la producción de insecticida orgánico como alternativa al insecticida tradicional. Aclaramos que generalmente este tipo de estudio se realiza considerando una muestra de unidades productivas reproductivas, sin embargo, aplicamos una variante de la metodología sobre una misma unidad productiva durante un período de estudio de 12 meses.

Pretendemos estimar la función de producción Frontier Cobb-Douglas:

$$\ln(Q_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L_i) + \beta_2 \ln(K_i) + (V_i - U_i), \quad (4)$$

Donde  $Q_i$  es el output que para nuestro estudio representa la cantidad de dosis producidas independiente de su variedad *Spodoptera*,  $L_i$  representa la cantidad de jornales utilizados en cada una de las fases de la etapa de producción de cada dosis producida,  $K_i$  nos representa la cantidad de diaras producidas para elaborar las dosis producidas se omiten las dietas que son utilizadas para el mantenimiento del pie de crías, y  $V_i$  y  $U_i$  son normalmente asumidas con media normal distribuida, respectivamente y representan los niveles de ineficiencia en cada período estudiado.

La función de producción Cobb Douglas Stochastic Frontier puede ser estimada usando el método de ML o usando una variante de los MCOC<sup>2</sup>, método sugerido por Richmond (1974). El planteamiento de MCOC pudo ser referido porque no es una demanda computacional como ML el cual requiere solución numérica de la probabilidad. Dada la disponibilidad del software del programa Frontier (Coelli, 1992-1994), que automatizan el Método de ML, considero conveniente utilizarlo.

El programa computarizado, FRONTIER Versión 4.1 se usa para obtener los estimadores de máxima probabilidad (ML), de un subconjunto de la función de producción Stochastic Frontier como se refiere en la sección de la revisión de literatura. Este programa puede acomodar el panel de datos brindado por las encuestas de mejoramiento de nivel de vida.

La especificación de Battese y Coelli (1995), es utilizado en el procesamiento de los datos para calcular los coeficientes de eficiencia, quienes extendieron el planteamiento de Kumbhakar, Ghosh y McGukin (1991) y Reifschneider y Steveson (1991) quienes propusieron modelos Stochastic Frontier en los cuáles los efectos de ineficiencia  $U_i$  son expresadas como una función explícita de un vector de variables de finca específica y error al azar. La especificación de nuestro modelo basado en Battese y Coelli (1995), puede expresarse de la siguiente manera:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + (V_{it} - U_{it}), \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T. \quad (5)$$

Donde  $Y_{it}$  expresa las cantidad de dosis producidas durante los período 2007-2008,  $X_{1t}\beta$ , representa la cantidad de jornales empleados en cada fase de las etapas de producción de VPN,  $X_{2t}\beta$  nos representa la cantidad de dietas elaboradas para producir las dosis las cuales son asumidas para ser usando la parametrización de Battese y Corra (1977)  $N(0, \sigma v^2 + \sigma u^2)$ , e independiente de  $U_{it}$  los cuales no son variables negativas al azar, las cuales son asumidas para calcular la ineficiencia técnica en la producción y son asumidas para ser independientemente distribuidas como truncada de cero de la distribución  $N(m_{it}, \sigma u^2 + \sigma v^2)$  donde  $m_{it} = z_{it}\delta$ , donde  $z_{it}$  es un vector  $p \times 1$  de variables las cuales

---

<sup>2</sup> Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos.

pueden influir en la eficiencia de una finca o unidad productiva;  $\delta$  es un vector  $1 \times p$  de parámetros para ser estimados.

## Resultados y discusión

Los resultados son presentados en la tabla 1 y 2 abajo detallados y el gráfico 2 y 3 de los anexos, de acuerdo a la teoría la suma de los coeficientes de jornales y dietas nos muestra que la unidad de producción de virus está produciendo a rendimientos de escala crecientes (1.4291), es decir en la medida que duplican la inversión (producción a escala) también incrementan sus costos de tal manera que se les reducen sus niveles de rentabilidad.

Tabla 1: the final mle estimates are :			
	Coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0: Constante	-0.22591626E+04	0.98150607E+00	-0.23017307E+04
beta 1:Jornales	-0.16850252E+04	0.88005596E+00	-0.19146797E+04
beta 2:Dietas	0.16864543E+04	0.56101129E+00	0.30060969E+04
delta 0	-0.29475249E-01	0.84443721E+00	-0.34905199E-01
delta 1	0.45793828E+00	0.96509175E+00	0.47450233E+00
sigma-squared	0.16033784E+01	0.82017675E+00	0.19549181E+01
Gamma	0.99999999E+00	0.79199102E-05	0.12626406E+06
log likelihood function = -0.71429298E+01			
LR test of the one-sided error = 0.24923369E+01			

El valor del coeficiente de beta 0 nos indica el intercepto de la función, donde observamos una disminución en la producción de dosis cuando, se considera que los insumos jornales y dietas son cero (cuando no hipotéticamente no se está produciendo), por otro lado, el valor del coeficiente beta 1 nos revela inelasticidad negativa de los jornales con respecto a la producción de dietas, de igual manera el valor del coeficiente beta 2 nos demuestra inelasticidad positiva con respecto a los jornales. Estos coeficientes son significativos al nivel del 5 % porque el valor de sus estadísticos  $t$  respectivamente, es mayor que 2.751 en valor absoluto con 5 grados de libertad.

La diferencia de sigma-squared y gamma nos indica que la ineficiencia de la mano de obra es de un 0.603.

Las causas de una producción de economía de escala creciente pueden ser valoradas por dos vías, una en la tecnología de la producción y la segunda en la apertura de un mercado de futuro.

En ambos casos la no repuestas a estas situaciones han incidido negativamente en la eficiencia técnica de la mano de obra haciendo que los jornales invertidos en la producción de virus sean ineficientes.

### Eficiencia técnica

La tabla 2 y el gráfico 3 de los anexos, nos muestra las estimaciones de la eficiencia técnica de la mano de obra de la unidad de producción de virus durante el período 2007-2008, aclaramos que en la misma solamente se observan los meses de enero a marzo y de julio a noviembre del 2007 y solamente el mes de diciembre del año 2008. Esta disponibilidad se menciona anteriormente y es debido a la problemática de la penetración limitada de un mercado potencial y la limitada disponibilidad de reactivos químicos para funcionar óptimamente.

Tabla 2: Estimaciones de la eficiencia técnica		
Meses	Año	Estimadores de la eficiencia técnica
ENERO	2007	0.50630121
FEBRERO	2007	0.99958367
MARZO	2007	0.58774587
JULIO	2007	0.41522270
AGOSTO	2007	0.23347143
NOVIEMBRE	2007	0.11110760
DICIEMBRE	2008	0.098847272
mean efficiency = 0.42175425		

En promedio la eficiencia técnica fue de un 42 %, que significa una tendencia decreciente como se aprecia en el gráfico 2 de los anexos, en el gráfico 3 se aprecia la Isocuanta de la Unidad de Virus que demuestra la ineficiencia producida en el período de estudio desde la perspectiva de su Frontera (completa eficiencia).

### **Conclusiones**

La producción de virus durante el período 2007-2008 presento indicadores decreciente de la eficiencia técnica de los jornales invertidos. El hecho de estar produciendo a rendimientos de escala crecientes, en lugar de decrecientes hace ver una

situación desfavorable económicamente, de tal manera que impacta negativamente en la eficiencia de la mano de obra.

Si valoramos que las posibles causas de esta situación sean la falta de políticas en la penetración de mercados de insumos (insecticidas) es recomendable que las autoridades valoren la penetración de este segmento de mercados dado la importancia para nuestro país de producir con un insecticida orgánico.

Así mismo, es recomendable que los tomadores de decisiones valoren la posibilidad de una reingeniería en la distribución de la mano de obra de acuerdo al rol de funcionamiento en cada una de las fases del proceso productivo de la unidad de virus.

De igual manera, recomendamos un política "Just on time" para el abastecimiento de reactivos químicos, donde se considere la producción en base a pedidos y no producir por producir, tal es el caso de los datos analizados en esta investigación.

### **Reconocimientos**

La información técnica de la unidad de producción de VPN brinda en esta investigación es con el aporte del equipo técnico dirigido en ese período por la Máster Concepción Narváez, y con el apoyo de la actual responsable del Centro de Investigación y Reproducción de Controladores Biológicos Máster Patricia Castillo, así como de la responsable de la unidad productiva Licda. Ivania Baca.

## Referencias

- Afriat, S.N (1972), Efficiency Estimation of Production Functions, *International Economic Review* 13, 568-598.
- Aigner, D.L. and S.F. Chu (1968), On Estimating the Industry Production Function, *American Economic Review* 58, 826-839.
- Aigner, D.J., C.A.K Lovell, and P. Schmidt (1977), Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *Journal of Econometrics* 6, 21-37.
- Battese, G.E and T.J Coelli (1995), A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier production Function for Panel Data, *Empirical Economic* (to appear).
- Battese, G.E. and G.S. Corra (1977), Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia, *Australian Journal of Agricultural Economics* 21, 169-179.
- Coelli, T.J. (1992), A Computer Program for Frontier Production Function Estimation: FRONTIER, Versión 2.0, *Economic Letters* 39, 29-32.
- Coelli, T.J (1994), A Guide to FRONTIER Versión 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimations, mimeo, Department of Econometric, University of New England, Armidale.
- Coelli, T.L (1995), Estimator and Hypothesis Test for a Stochastic Frontier Functions: A Monte Carlo Analysis, *Journal of Productivity Analysis*, 6, 247-268.
- Debreu, G. (1951), The Coefficient of Resource Utilisation, *Econometrica* 19, 273-292.
- Fare, R. and C.A.K. Lovell (1978), Measuring the Technical Efficiency of Production, *Journal of Economic Theory* 19, 150-162
- Farrel, M.J. (1957), The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society, A CXX*, Part 3, 253-290.
- Greene, W.H. (1990), A Gamma-distributed Stochastic Frontier Model, *Journal of Econometrics* 46, 141-164.

- Koopmans, T.C (1951), An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, in T.C, Koopmans, Ed., Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles Commission for Research in Economic, Monograph No 13, Wiley, New York.
- Kumbhakar, S., S. C. Ghosh and J.T McGuckin (1991), A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S Dairy Farms, Journal of Business and Economic Statistics 9, 279-286.
- Meeusen, W. and J. van den Broeck (1977), Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error, International Economic Review 18, 435- 444.
- Richmond, J.(1974), Estimating the Efficiency of Production, International Economic Review 15, 515-521.
- Reifschneider, D. and Stevenson, R (1991), Systematic Departures from the Frontier: A Framework for the Analysis of Firm Inefficiency, International Economic Reviews 32, 715-723.
- Schmidt, P. (1976), On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Function, The Review of Economics and Statistics 58, 238-239.
- Stevenson, R.E (1980), Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation, Journal of Econometrics 13, 57-66.
- Timmer, C.P.(1971), Using a Probabilistic Frontier Function to Measure Technical Efficiency, Journal of Political Economy 79, 776-794.
- Zuniga, G., Carlos, A., Wages and employs for non-farm agricultural activities: one livelihood strategy in Nicaragua. 111<sup>th</sup> EAAE-IAAE Seminar 'Small Farms: decline or persistence' University of Kent, Canterbury, UK. 26<sup>th</sup> -27<sup>th</sup> June 2009.
- Zuniga, G., Carlos, A., Análisis económico de unidad: Laboratorio de cría de insectos noctuidos y producción de virus. Estructura de costo de insecticida biológico Spodóptera Sunia y exigua. Unan-León Campus Agropecuario, 14 Febrero 2003.

Anexos

