

## **Eficiencia técnica y producto potencial en el agro cubano**

Msc. Anicia García  
CEEC, Universidad de La Habana

Dr. Renato Aguilar  
Universidad de Gotemburgo, Suecia

### ***Introducción***

Descubrir si se están utilizando “adecuadamente” los escasos recursos destinados a la producción de la base material de nuestra existencia ha sido siempre un tema medular en los estudios económicos. Ya en un trabajo previo<sup>1</sup> comenzamos a adentrarnos por el camino de los estudios sobre efectividad conjunta de los factores de producción en la agricultura cubana, y hacíamos una breve referencia a algunos enfoques para su determinación. En aquella ocasión aplicamos un enfoque bastante sencillo, debido a la escasa disponibilidad de datos, basado en la estimación de una función de producción *promedio* para la agricultura cubana. Hoy todavía enfrentamos el problema de limitada información, y nuestro propósito de estimar funciones para las distintas ramas de este sector deberá ser postergado. Por eso vamos a seguir experimentando con el mismo set de datos que anteriormente. En esta oportunidad intentaremos la estimación de una *frontera* de producción para la agricultura.

Este enfoque de frontera de producción tiene numerosas aplicaciones que son importantes en términos de política. Por ejemplo, puede ser utilizado para estudios de productividad al nivel de firmas. En este caso podemos relacionar la variación de las medidas de productividad que están implícitas en la frontera de producción, con distintos factores que operan en las firmas. De esta manera podemos encontrar factores que pueden explicar por qué algunas firmas alcanzan niveles de eficiencia mayores que otras. Alternativamente, podemos hacer un ranking de las firmas de una rama de producción de acuerdo a su eficiencia. De esta manera podemos escoger los mejores y los peores ejemplos para estudios en profundidad que puedan explicar sus resultados diferenciales.

También podemos usar este enfoque en un nivel macroeconómico o agregado. La búsqueda de eventos y factores macroeconómicos que expliquen las diferencias entre los resultados productivos efectivos y el producto potencial señalado por la frontera de producción, nos permite encontrar importantes implicaciones de política.

### ***Eficiencia económica y fronteras de producción, aproximación teórica<sup>2</sup>***

Uno de los cuerpos teóricos que integran la microeconomía es la teoría del productor. Entre los objetos de estudio de esta disciplina ocupan un lugar bien

---

<sup>1</sup> Véase García (2002), pp. 159-168.

<sup>2</sup> Para redactar este epígrafe nos apoyamos en numerosas referencias, entre ellas las más importantes Aguilar (1988) y Førsund, Lovell y Schmidt (1980).

importante la búsqueda de una adecuada descripción formal de la tecnología y las posibles medidas de la eficiencia, ambos íntimamente relacionados. De hecho, obtener medidas sobre la eficiencia (o ineficiencia) del proceso productivo ha sido la principal motivación para formalizar la relación producto-insumos. En el intento de cuantificar la eficiencia se trata de encontrar una referencia sobre lo que debe producir una firma, dados determinados insumos a su disposición. Dicha referencia puede entonces ser comparada con el resultado real del proceso productivo, y esta relación nos daría una medida de cuán eficiente es el proceso, más estrictamente, una medida de la eficiencia técnica.

Es conveniente distinguir entre distintos tipos de eficiencia, de acuerdo a su inserción en el modelo teórico de la teoría de la producción. En realidad, la eficiencia económica se descompone en tres medidas: eficiencia técnica, eficiencia asignativa (*allocative*) y eficiencia de escala (*scale efficiency*).

En pos de encontrar una referencia que nos sirva para discutir el problema de la eficiencia, hay que abordar la cuestión de describir formalmente el proceso productivo. Las firmas pueden, dado cierto conjunto de insumos, obtener determinados niveles de producto, pero otros niveles no son alcanzables. Igualmente, dado cierto nivel de producto, algunas combinaciones de insumos pueden servir para obtenerlo, otras no. Justamente a la relación entre insumos y productos se denomina *tecnología*. Una de las formas posibles de representar formalmente la tecnología es la función de producción (o la frontera de producción), y es la referencia que utilizaremos para llegar a medidas sobre la eficiencia. Más adelante mencionaremos los diferentes enfoques para llegar a determinar dicha frontera.

Para explicar la descomposición de la eficiencia económica, vamos a considerar el caso más sencillo: una firma que produce un único bien, cuya cantidad denominaremos  $y$ ; para ello emplea  $n$  insumos  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Adicionalmente, el desarrollo de algunos de estos conceptos de eficiencia requiere de supuestos conductuales sobre las firmas. Así, suponemos que la firma se desenvuelve en un ambiente perfectamente competitivo; de ahí que perciba como fijos los precios de su producto ( $p$ ) y de sus insumos,  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ .

La transformación eficiente de esos insumos en producto puede ser caracterizada a través de la función de producción  $f(x)$ , que muestra el máximo resultado que se puede obtener, dada determinada disponibilidad de insumos. Nótese que esta definición de función de producción, al involucrar una noción de maximalidad, impone un límite a la variable dependiente  $y$ , de hecho, como se verá más adelante, está imponiendo también restricciones a ciertos componentes del modelo que representa la transformación de insumos en producto.

Digamos que la firma tiene un plan de producción  $(x^0, y^0)$ . Si se cumple que  $y^0 = f(x^0)$ , entonces decimos que el plan de producción es *técnicamente eficiente*. Si  $y^0 < f(x^0)$ , entonces es técnicamente ineficiente. Se asume que, dado el conjunto de insumos  $x^0$ , no es posible producir un nivel superior a  $y^0$ ; es decir,

$y^0 > f(x^0)$  no es factible. La relación o razón  $0 \leq y^0 / f(x^0) \leq 1$  daría una medida de la eficiencia técnica del plan en cuestión. La ineficiencia técnica se atribuye, entonces, al uso excesivo de insumos (en exceso a lo estrictamente necesario, según la tecnología disponible), lo cual conduce a mayores costos.

Un plan de producción puede ser técnicamente eficiente, pero eso no significa que sea económicamente eficiente. La eficiencia técnica es sólo una parte del problema. Examinemos otro de los componentes de la eficiencia económica: la eficiencia asignativa.

Supongamos que la firma de que hablamos toma su decisión de producción (es decir, elige de entre los muchos posibles, cuál será su plan de producción) a partir de resolver un problema de optimización: puede minimizar costos o maximizar beneficios. De hecho, cuando la firma maximiza beneficios está minimizando costos implícitamente.

Las condiciones de primer orden de la minimización de costos conducen a que el plan de producción deberá cumplir las siguientes condiciones:  $f_i(x^0)/f_j(x^0) = w_i/w_j$ , para todo  $i \neq j$ , que pertenecen al conjunto de insumos, en cuyo caso decimos entonces que el plan en cuestión es *asignativamente eficiente*. Se asume que  $f$  es diferenciable, siendo  $f_i$  y  $f_j$  las primeras derivadas de  $f$  con relación a  $x_i$  y a  $x_j$ , respectivamente. Si  $f_i(x^0)/f_j(x^0) \neq w_i/w_j$ , entonces el plan es asignativamente ineficiente. La ineficiencia asignativa ocurre cuando los insumos se utilizan en proporciones incorrectas, lo que también genera mayores costos.

Finalmente, un plan puede ser técnica y asignativamente eficiente y, con todo, no ser económicamente eficiente. Todavía queda la cuestión de la eficiencia de escala. Las condiciones examinadas hasta ahora no garantizan que la empresa maximice beneficios. La solución de la maximización de beneficios implica que se cumplan las siguientes condiciones:  $f_i(x^0)/f_j(x^0) = w_i/w_j = p$ , para todo  $i \neq j$ , que pertenecen al conjunto de insumos, en cuyo caso decimos entonces que el plan en cuestión es *eficiente en escala*.

Farell (1957) fue el primero en proponer medidas para la eficiencia técnica y asignativa. Desde aquel entonces han sucedido numerosas investigaciones en este terreno, entre las que podemos citar las de Seitz (1970), Färe y Lovell (1978), Førsund y Hjalmarsson (1974, 1979), Førsund, Lovell y Schmidt (1980), Russell y Young (1980), Aguilar (1988), Färe y Grosskopf (2000).<sup>3</sup>

En algunos países desarrollados<sup>4</sup> se realizan trabajos empíricos sistemáticos para dar seguimiento a la evolución de la eficiencia económica de los sectores

---

<sup>3</sup> Sin dudas pueden existir muchos más trabajos en este campo, sólo hacemos referencia a algunos de los que hemos tenido acceso.

<sup>4</sup> Por ejemplo, el Departamento de Estado de Agricultura de los EE.UU., sigue de cerca la evolución de la producción y la eficiencia en ese sector (véase *Production and Efficiency Statistics*, del U.S.D.A.).

productivos. En realidad, la evidencia es contundente en cuanto a que el motor del crecimiento en los países hoy desarrollados radica en las mejoras continuas en la eficiencia. De ahí el monitoreo continuo de su dinámica.

Podemos concordar o no con los criterios de optimización de los productores que propone la economía neoclásica. Podemos argumentar que los productores no necesariamente maximizan beneficios, que pueden ser otros sus objetivos. El Estado en muchos países apoya algunas producciones de importancia estratégica o por motivos políticos, aun cuando generen pérdidas económicas. En el caso cubano el mecanismo de asignación de recursos es bien diferente y los planes de producción se determinan siguiendo fuertes criterios de tipo social. Los precios, en algunos casos,<sup>5</sup> son precios administrados. Sin embargo, en los razonamientos y propuestas metodológicas anteriores hay cuestiones que pueden y deben ser rescatadas.

Por ejemplo, el criterio de eficiencia técnica no nos parece objetable. Cualquiera sea el móvil de la actividad productiva, no resultaría racional aplicar más recursos que los que exige la tecnología en uso. Los recursos no están libremente disponibles y, por tanto, no cabe espacio para el despilfarro. Así tampoco el criterio de eficiencia asignativa nos parece censurable. En definitiva, la eficiencia asignativa significa lograr determinada meta de producción con el mínimo gasto posible. En cuanto a la maximización de beneficios, podría argüirse que el fin último del proceso de producción es generar valores de uso, que la generación de excedente económico es un objetivo demasiado “materialista”. Sin embargo, la viabilidad de cualquier economía en el largo plazo dependerá precisamente de que genere resultados que le permitan su reproducción.

En este trabajo sólo pretendemos cuantificar una medida para la eficiencia técnica. Este componente de la eficiencia económica es el que nos parece menos controvertido: sólo se asienta en las restricciones que impone la *naturaleza* al proceso de producción. En el caso de los restantes componentes, las propuestas se basan en un supuesto que no se verifica en el caso cubano: que el mecanismo de asignación de recursos es el mercado.

Finalmente, queda por abordar la cuestión de cómo llegar a una referencia concreta para la tecnología. Esta referencia podría constituir una relación técnica de carácter ingenieril. Sin embargo, en muchos estudios sobre eficiencia la referencia se presenta como una función (o frontera) de producción, que es preciso *estimar*. Es decir, no se parte de una relación teórica, sino que la comparación se realiza respecto a las condiciones que imperan en el espacio-tiempo-actividad que se somete a estudio.

Las primeras estimaciones de funciones de producción fueron más bien estimaciones de funciones *promedio*, que estimaciones de fronteras. La investigación en este campo se enfocó fundamentalmente al desarrollo de formas funcionales adecuadas para la representación de la tecnología. Entre las

---

<sup>5</sup> Justo como es el caso de los productos de origen agropecuario, cuya inmensa mayoría se comercializa a precios subsidiados, para garantizar el acceso de toda la población a la canasta básica de alimentos.

especificaciones funcionales más importantes encontramos: la Cobb-Douglas, así denominada en honor a sus creadores e introducida en 1928; las funciones de producción de elasticidad de sustitución constante, conocidas por sus siglas en inglés CES,<sup>6</sup> desarrolladas por Arrow, Chenery, Minhas y Solow en 1961; la especificación transcendental-logarítmica,<sup>7</sup> introducida por Christensen, Jorgenson y Lau en 1973. En este enfoque de funciones promedio, las firmas pueden ubicarse sobre, por debajo y también por encima del límite que establece la función. Las firmas se distribuyen simétricamente *a ambos lados* de la función.

Sin embargo, el enfoque teórico básico de tecnología o función de producción apunta, naturalmente, a una frontera antes de que a una función promedio. Lo que se trata de capturar es una relación entre combinaciones factibles de insumos y posibilidades de producción. La función promedio establece una relación más estrecha que atribuye a cada combinación de insumos un resultado productivo único, cuando en la realidad observamos que para una misma combinación de insumos, distintas firmas obtienen distintos resultados. La frontera de producción captura más adecuadamente esta situación.

Mas la función de producción en su carácter de *frontera* impone determinadas condiciones a la perturbación (o componente de error) del modelo. Inicialmente se consideró, para ser consecuentes con el significado de frontera, que las firmas sólo podrían ubicarse *por debajo* de la función; de modo que estaríamos en presencia de un error *unilateral*. Se desarrollaron métodos para estimar funciones con estas características: fronteras *determinísticas*, pues el origen del error se atribuía sólo a la inhabilidad de las firmas de obtener los mejores resultados de la tecnología disponible. Las primeras estimaciones recurrieron a métodos no-estadísticos, basados en enfoques de programación lineal.

La frontera determinística sigue el siguiente modelo:

$$y = f(x) \cdot e^{-u}, \quad (1)$$

donde  $u$  es el error unilateral y  $e^{-u}$  la medida de la ineficiencia técnica.

Sin embargo, el desempeño de las firmas puede ser afectado también por factores que escapan a su control; digamos, por ejemplo, las condiciones meteorológicas o las interrupciones en el suministro de insumos, problemas por demás muy frecuentes en el contexto cubano y sobre todo en el sector agropecuario. Estos shocks exógenos no tienen que ser necesariamente negativos. Adicionalmente, están también los errores que pueden generarse por problemas en la medición de los insumos y productos, que pueden producirse lo mismo en un sentido que en otro. Así, surge el modelo de frontera *estocástica*, igualmente denominado modelo de error compuesto. Este modelo fue desarrollado por Aigner, Lovell y Schmidt, así como por Meeusen y van der Broek, en 1977.

La idea esencial detrás del modelo de frontera de producción estocástica es que el error está compuesto por dos partes: un componente simétrico, que permite la

---

<sup>6</sup> Siglas en inglés por *constant elasticity of substitution*.

<sup>7</sup> Abreviadamente, se le denomina *translog*.

variación estocástica de la frontera y captura los posibles errores de medición así como los efectos de shocks exógenos; y un componente unilateral, que capturaría la ineficiencia.

El modelo de frontera de producción estocástica puede formalizarse como sigue:

$$y = f(x) \cdot e^{(v-u)}, \quad (2)$$

donde  $y = f(x) \cdot e^{(v)}$  es la frontera de producción estocástica,  $v$  es el componente de error simétrico, y la ineficiencia técnica en relación con la frontera estocástica se captura por el componente de error unilateral  $e^{(-u)}$ ,  $u \geq 0$ .

Las fronteras a que nos hemos referido hasta aquí son de tipo *paramétrico*: se asume una cierta forma funcional y se estiman sus parámetros característicos.

También están las fronteras *no paramétricas*, que no asumen una forma funcional *a priori*, y por tanto evaden los posibles errores vinculados a la elección de dicha forma funcional y/o de las variables explicativas. No obstante esta ventaja, una limitación de este enfoque reside en que no captura el componente estocástico del proceso. Entre los métodos de estimación de fronteras no paramétricas se puede mencionar el *análisis de la envoltura de datos*,<sup>8</sup> desarrollado en el contexto de la investigación de operaciones.

### ***Estimación de una frontera de producción estocástica para el agro cubano***

Después de reseñar los tipos básicos de fronteras de producción, vamos a estimar una *frontera de producción estocástica* para la agricultura cubana. Ya en un estudio anterior (véase García, 2002) estimamos una *función de producción promedio* para el sector, a los efectos de obtener una medida empírica de la productividad total de los factores de producción en este sector. Esta vez haremos una estimación de frontera a partir del mismo conjunto de datos que en aquella ocasión: una serie de tiempo para el producto agropecuario y sus factores entre los años 1970 y 1999.

Si bien es cierto que la mayoría de las estimaciones de fronteras de producción que encontramos en la literatura especializada lo hacen a partir de datos de corte transversal, fundamentalmente con el objetivo de medir diferencias en la eficiencia económica entre las empresas al interior de un mismo sector, en nuestro caso se hace difícil obtener este tipo de datos. No existe tradición de realizar encuestas específicas para las entidades que se desenvuelven en el sector agropecuario — con excepción de las que se realizan para monitorear el desempeño de las Unidades Básicas de Producción Cooperativa. Sin embargo, la información que se levanta en este caso no se adecua al propósito que nos anima. Así, tenemos que trabajar por el momento con nuestra serie de tiempo.

La estimación a partir de series temporales asumiría la existencia de una frontera común a todo el período, y esto, sin dudas, es un supuesto bien fuerte. No

---

<sup>8</sup> Conocido por las siglas DEA, por *data envelopment analysis*.

obstante, tenemos cierta evidencia empírica que apunta a que a partir de los años setenta no se verifican cambios tecnológicos relevantes en el sector. El estudio a que hemos hecho referencia anteriormente<sup>9</sup> abordó el examen de la trayectoria tecnológica correspondiente al patrón de crecimiento de la agricultura cubana entre 1960 y 1998. Entre sus hallazgos tenemos un desarrollo tecnológico neutral precisamente después de 1969. El cambio tecnológico que debió verificarse en los noventa, hacia tecnologías más sustentables y menos dependientes del comercio exterior, no resultó perceptible desde el punto de vista estadístico. Estos resultados nos inclinan a pensar que en este caso puede ser válida una estimación de frontera para el período objeto de estudio (1970-1999). Además, nuestra finalidad con este trabajo es demostrar la factibilidad de estimar este tipo de función —más acorde con el concepto teórico de función de producción— a partir del software disponible, así como ilustrar las posibilidades de análisis que brinda este enfoque.

Inicialmente estimamos una frontera de producción estocástica con la siguiente especificación:<sup>10</sup>

$$Y_t = F(x_t) + v_t - u_t, \quad (3)$$

donde  $Y_t$  es el producto del sector agropecuario,  $F(x_t)$  es el máximo producto obtenible a partir de la disponibilidad de insumos físicos, representada por el vector  $x_t$ ,  $v$  es un componente de error simétrico (o bilateral) que captura el “ruido” estadístico y  $u$  es un componente de error unilateral ( $u \geq 0$ ), que representa la ineficiencia técnica.

Como medida del producto del sector agropecuario ( $Y_t$ ) utilizamos la producción bruta de ese origen, valorada a precios constantes de 1981.

El vector de los insumos físicos está compuesto por los trabajadores promedio anuales laborando en el sector ( $L_t$ ), la tierra bajo cultivo y bajo pastos naturales ( $T_t$ ), los fertilizantes y herbicidas, tanto de procedencia doméstica como importados, que hemos denominado insumos de origen químico ( $QUIM_t$ ) y el potencial energético de los tractores y las cosechadoras ( $E_t$ ).<sup>11</sup> Estas variables tratan de reflejar los principales factores de producción en la actividad agrícola, a saber: la fuerza de trabajo, la tierra, los insumos intermedios y los medios de trabajo.

La forma funcional utilizada fue loglineal. Es decir, una función lineal en los logaritmos de las variables explicativas, que se corresponde con una frontera de producción tipo Cobb-Douglas. Si bien es cierto que esta forma funcional impone

---

<sup>9</sup> Véase García (2002), pp. 149-158.

<sup>10</sup> Nótese que aquí aplicamos logaritmos al modelo de frontera estocástica según (2).

<sup>11</sup> La información fue tomada, en la mayoría de los casos, de los Anuarios Estadísticos de Cuba y de los Balances de Tierra, elaborados por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE), de la reconstrucción de las series históricas 1960-1975 publicada en INIE (1976), y del Censo de Maquinaria Agrícola, realizado por el Ministerio de Agricultura (MINAG). En algunos casos fue preciso realizar algunas estimaciones para completar las series.

ciertas condiciones a la elasticidad de sustitución de los diferentes factores productivos,<sup>12</sup> la limitada disponibilidad de información no nos deja la posibilidad de utilizar formas menos restrictivas, como pudieran ser la CES<sup>13</sup> o la translogarítmica.<sup>14</sup>

La especificación que incluye los factores antes señalados no pudo ser utilizada como frontera (véase Anexo 1). Antes de estimar la frontera, el programa *LIMDEP*<sup>15</sup> verifica la asimetría (*skewness*) de los residuos de la estimación de la regresión por mínimos cuadrados. Si los residuos están sesgados (*skewed*) positivamente, entonces muy probablemente el modelo no esté correctamente especificado, o los datos no sean consistentes con el modelo. Esta situación se presentó en la especificación inicial. Por tanto, comenzamos a experimentar eliminando las variables que no contribuían a explicar la variabilidad de la producción agropecuaria de forma significativa: primero, la tierra; después, la fuerza de trabajo; y finalmente, la maquinaria agrícola. El modelo quedó especificado con una sola variable explicativa, los insumos de origen químico (véase Anexo 2).

Como ya habíamos comentado en el estudio anteriormente referenciado,<sup>16</sup> un resultado curioso que vuelve a reiterarse es la débil relación entre la producción agropecuaria y algunos de sus factores fundamentales, tales como la fuerza de trabajo y la tierra. Estos factores, que resultan significativos para explicar la variabilidad de la producción agropecuaria en la mayoría de los estudios empíricos realizados para otros países,<sup>17</sup> se muestran excesivamente rígidos y no ajustables en el caso cubano. Esto puede obedecer a la forma de conducir estas actividades en Cuba: la fuerza de trabajo ocupada en las labores del sector agropecuario — así como en el resto de las actividades económicas— estuvo atada durante la mayor parte del período estudiado a una nómina fija en el caso de las empresas estatales; asimismo, se trataba de mantener la mayor cantidad de tierra posible en explotación, dado que la asignación de insumos estaba sujeta a la superficie cultivada.

---

<sup>12</sup> A saber, que la elasticidad de sustitución sea constante y unitaria.

<sup>13</sup> Se trata de una función con elasticidad de sustitución de los factores constante, pero no unitaria como en el caso Cobb-Douglas.

<sup>14</sup> La función translog es mucho menos restrictiva en lo que respecta a la elasticidad de sustitución, ya que no impone que ésta sea unitaria ni constante.

<sup>15</sup> *LIMDEP* son las siglas en inglés para *LIMited DEPendent Variables*. Se trata de un programa para computadoras personales, diseñado para estimar y analizar modelos econométricos, especialmente a partir de datos de corte transversal o tipo panel. Contiene un amplio menú de algoritmos para estimar los parámetros en modelos no lineales para variables dependientes de tipo cualitativo y limitadas. De esta característica se deriva su nombre. Su autor es William H. Greene. Lo obtuvimos gracias a la generosa contribución del Dr. Renato Aguilar, Profesor de la Universidad de Gotemburgo, Suecia.

<sup>16</sup> Véase García (2002) p. 164.

<sup>17</sup> Véase los trabajos de: Zhang (1991), para la producción de cereales en la antigua Unión Soviética; Mathijs y Swinnen (2000), para la agricultura en Alemania del Este; Liu y Zhuang (2000), para la agricultura en China, entre otros.



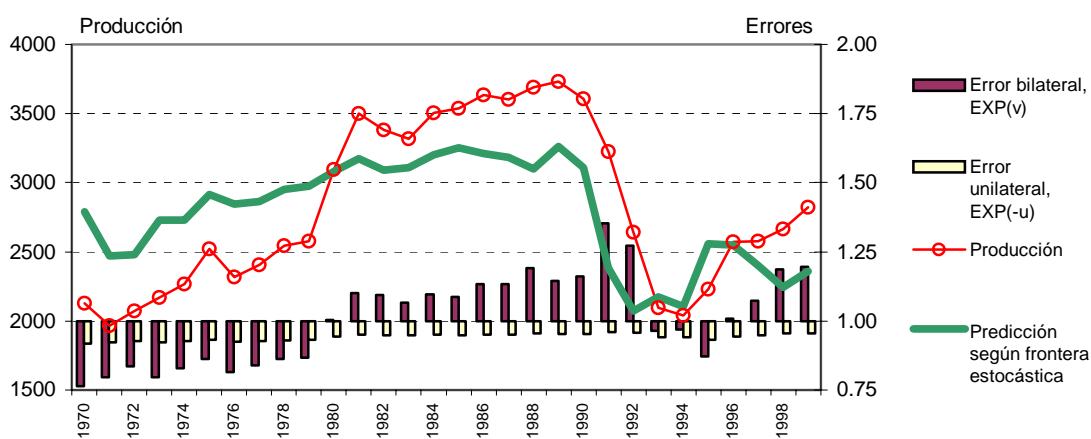
La vinculación más fuerte se encuentra con la disponibilidad de insumos de origen químico, que **en su inmensa mayoría se obtienen a través de la importación**. Es decir, durante estos años la agricultura cubana descansó muy decisivamente en los favorables vínculos externos con la comunidad de países socialistas, que le permitieron un amplio acceso a este tipo de insumos.

Esta falta de significación de algunos factores puede interpretarse como la consecuencia de una asignación de recursos que no tomaba en cuenta elementos de eficiencia, o como consecuencia de restricciones de recursos que no funcionaban. Esta situación se modificaría radicalmente en el período que siguió al derrumbe del socialismo en Europa.

Hemos resumido los resultados de la estimación de la frontera de producción para el sector agropecuario cubano en el Gráfico 1. En él mostramos los valores realmente alcanzados por la producción de ese origen y los valores que habría alcanzado según la frontera estocástica estimada. Asimismo, utilizamos el eje secundario del gráfico para mostrar los valores de los componentes de error, tanto el error bilateral ( $e^v$ ) como el error unilateral ( $e^{(-u)}$ ), que es el componente que resulta relevante para la determinación de la ineficiencia técnica. El origen del eje secundario lo ubicamos en la unidad. Nótese que el componente de error  $e^{(-u)}$  se encuentra por debajo del eje, ya que se trata de una influencia que deteriora los resultados productivos. Mientras, el componente  $e^v$  lo mismo se encuentra por encima (shock “positivo”), que por debajo (shock “negativo”) del eje.

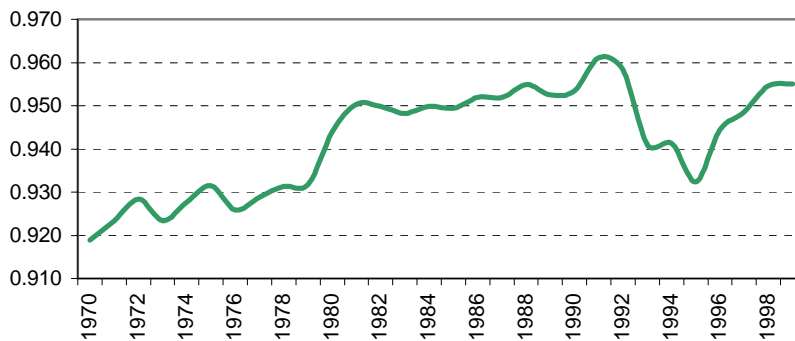
El índice de eficiencia técnica, obtenido a partir de los resultados estimados para el componente de error unilateral, mostró una tendencia creciente entre 1970 y 1991, con un salto importante entre 1979 y 1981. A partir de 1992 el índice desciende hasta el año 1995, para posteriormente crecer hasta recuperar los niveles de la primera mitad de los años ochenta justo a finales de los noventa (ver Gráfico 2).

**Gráfico 1. Resultados de la estimación de una frontera estocástica para la agricultura cubana.**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 2. Eficiencia técnica del sector agropecuario cubano, según frontera estocástica en función de insumos químicos.**



Fuente: Elaboración propia.

Esta dinámica del índice de eficiencia puede ser relacionada con ciertos eventos de carácter macroeconómico que tuvieron fuerte repercusión en todos los sectores de la economía cubana. Nos referimos concretamente a la introducción del sistema de dirección y planificación de la economía a mediados de los años setenta, que maduró para los ochenta y contribuyó (aun con sus limitaciones) a un mejor aprovechamiento de los recursos a disposición de las actividades productivas. Después tenemos la crisis desatada por la caída del socialismo en nuestros principales socios comerciales, que provocó el desplome de los insumos, la producción y la organización del sistema productivo. Finalmente, la etapa de la reanimación económica como consecuencia de las reformas económicas introducidas, sobre todo a partir de 1993.

La caída del índice de eficiencia a partir de 1990, y su posterior recuperación en 1995 puede ser explicada en relación a la profunda crisis y posterior ajuste estructural causado por el colapso de la Unión Soviética y cierre del CAME. Esta caída muestra, claramente, los efectos desastrosos de la súbita estrechez que se hace presente en la balanza de pagos, haciendo difícil la importación de insumos. Los mecanismos de asignación no logran reaccionar ante la nueva situación, haciendo los ajustes necesarios con la debida rapidez. Finalmente, después de las reformas en la organización empresarial y otras medidas de ajuste a principios de la década de los noventa, la eficiencia del sistema comienza a recuperarse.

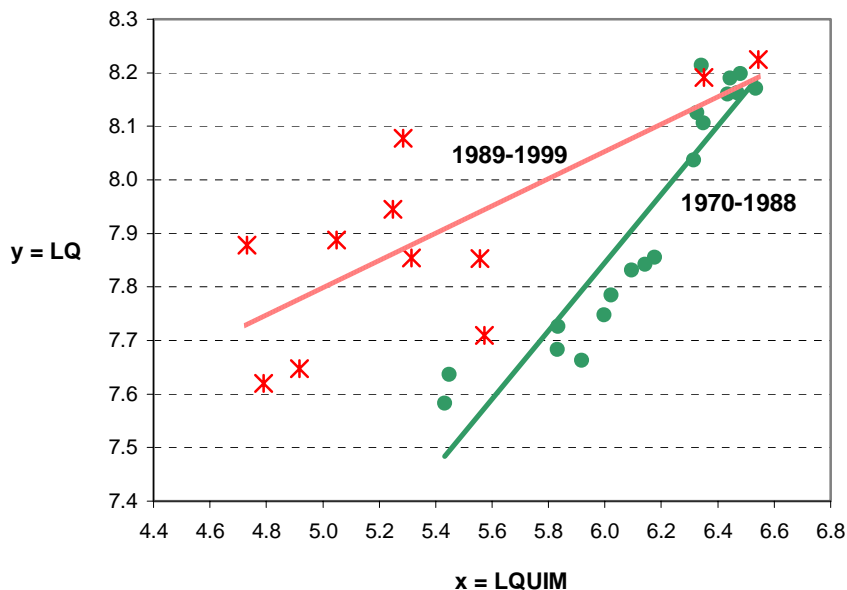
Hay que hacer notar, que valores cercanos a uno de este indicador no significan que haya una elección adecuada de tecnología. Debemos recordar que esta frontera de producción agregada para la agricultura tiene el carácter de una solución de “mejor práctica”. Es decir, refleja la eficiencia en el uso de los recursos dada una selección de tecnología. En ese sentido, y dado que es muy posible que haya un cambio tecnológico significativo a partir de los noventa, causado por cambios en enfoques tecnológicos a nivel paradigmático, es muy posible que el nivel de producción crezca más rápidamente que lo que este indicador sugiere.

Justo por la influencia de estos eventos decidimos modelar posibles cambios estructurales en la frontera estocástica. A partir de la experiencia del anterior

trabajo de modelación, ubicamos el cambio estructural en el año 1989,<sup>18</sup> cuando comienzan a cambiar nuestras condiciones de desenvolvimiento económico. A estos fines introdujimos variables binarias: una para capturar el posible desplazamiento de la frontera ( $D89$ ) y otra para modelar el posible cambio en la elasticidad-insumos químicos ( $D89LQUIM$ ).

A modo de ilustración sobre el posible cambio en el tiempo en la relación entre producto agropecuario e insumos químicos, hemos confeccionado el Gráfico 3. Allí se presenta la dispersión de puntos que resulta de ubicar las variables  $LQ_t$  y  $LQUIM_t$  en un plano con dos ejes cartesianos, el de las ordenadas para medir  $LQ_t$  y el de las abcisas para medir  $LQUIM_t$ . Hemos representado los puntos correspondientes a los períodos 1970-1988 y 1989-1999 con distintos diseños, para que se les pueda diferenciar. Asimismo, presentamos las rectas de ajuste de la regresión lineal entre esas variables.

**Gráfico 3. Trayectoria conjunta del producto y los insumos químicos en el agro cubano.**



Fuente: Elaboración propia.

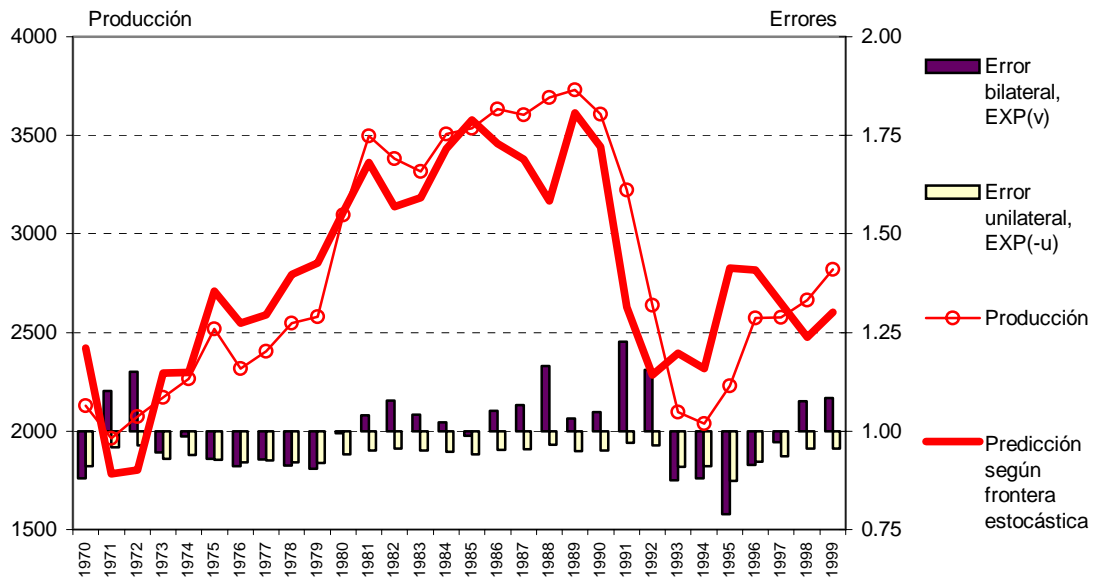
Los resultados detallados de las estimaciones de la frontera con cambio estructural en 1989 se muestran en el Anexo 3. Merece la pena destacar que ambas variables binarias son estadísticamente significativas. Después de 1989 ocurre un desplazamiento positivo de la frontera estocástica (incremento del intercepto) y al mismo tiempo una contracción de la elasticidad-químicos (disminución de la pendiente), que pasa de alrededor de 0,63% a 0,25%.

Para ilustrar los resultados de la estimación de la frontera estocástica con cambio estructural mostramos un resumen en el Gráfico 4.

<sup>18</sup> Véase García (2002) pp. 163-165.

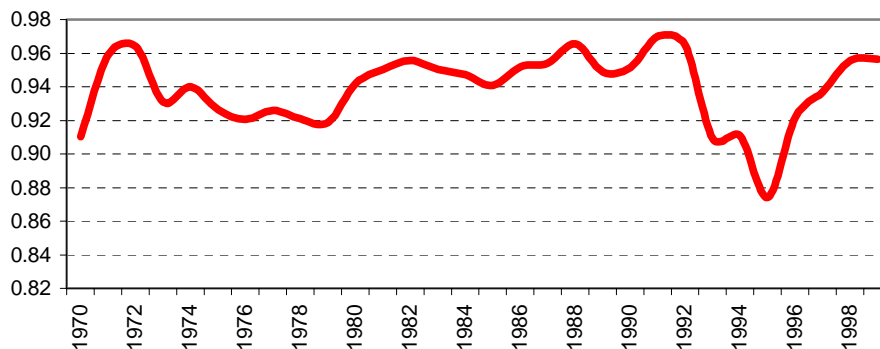
En el Gráfico 5 se muestra la dinámica del indicador de eficiencia técnica. A partir de los resultados anuales calculamos promedios para los períodos más distintivos: los años setenta, con una pérdida cercana al 7% de la producción potencial; los años entre 1980 y 1992, con un desaprovechamiento del 5%; los años más críticos, entre 1993 y 1995, con pérdidas de hasta el 10% de la potencialidad productiva; y finalmente, el período a partir de 1996, cuando se recuperan paulatinamente las capacidades del sector y retrocede el desaprovechamiento hasta un 6% (ver Gráfico 6).

**Gráfico 4. Resultados de la estimación de una frontera estocástica para la agricultura cubana, con cambio estructural en 1989.**



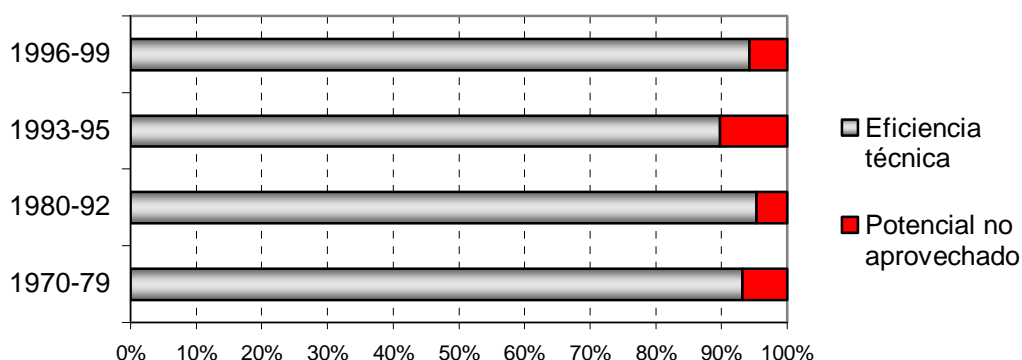
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 5. Eficiencia técnica del sector agropecuario cubano, según frontera estocástica en función de insumos químicos, con cambio estructural en 1989.**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 6. Eficiencia técnica del sector agropecuario cubano, según frontera estocástica en función de insumos químicos, con cambio estructural en 1989, por períodos**



Fuente: Elaboración propia.

Este comportamiento reitera el criterio de que las medidas implementadas para reactivar la agricultura cubana han tenido un efecto positivo, que han logrado sacar a flote parte de las reservas de eficiencia que existían en el sector. Esta es, sin dudas, una buena noticia. Sin embargo, a medida que nos acerquemos a nuestra propia frontera tecnológica, las posibilidades de crecimiento por esta vía se irán agotando, y habrá que apostar definitivamente por una ulterior expansión de la frontera. Para ello será imprescindible abordar con determinación el tema del cambio tecnológico en la agricultura cubana. Este es el reto que enfrenta el futuro crecimiento de este sector, tan decisivo en el desempeño económico de Cuba.

## **Conclusiones**

Este estudio nos deja varias conclusiones importantes. En primer lugar, refuerza conclusiones anteriores sobre la dificultad de estimar funciones de producción en la economía cubana. Los enfoques econométricos no logran capturar relaciones claras y nítidas entre los recursos asignados y los resultados productivos. De esta manera encontramos que las funciones son estimables en forma significativa sólo para insumos químicos. Esto sugiere que la disponibilidad de este recurso es la restricción central y que el uso de otros insumos se ajusta a la disponibilidad de químicos, y no al revés o en una forma más armónica. Posiblemente, como consecuencia de cambios paradigmáticos en la selección de tecnologías agropecuarias, esta situación esté cambiando en la actualidad.

Esta dificultad en la estimación de funciones de producción no debe ser considerada como una señal de fracaso del enfoque econométrico. Por el contrario, este es un resultado válido e importante, que tiene una implicación de política crucial: es muy importante conseguir una más elevada capacidad de ajuste fino de la asignación de recursos a nivel microeconómico.

Una segunda conclusión, tiene un carácter marcadamente metodológico. Pese a las dificultades señaladas anteriormente, estos enfoques son aplicables a la

economía cubana. Especialmente interesantes resultan los estudios de eficiencia técnica basados en fronteras de producción, pues este enfoque es independiente de los precios. Esta variable, extensivamente controlada en Cuba, es con mucha frecuencia la piedra de toque que impide la aplicación de metodologías cuantitativas a los problemas económicos cubanos. Por otra parte, resultados en términos de eficiencia, sugieren políticas orientadas al nivel microeconómico. Muchos observadores de la realidad cubana coinciden en que a este nivel existen reservas considerables de recursos a ser desarrolladas y que pueden permitir soluciones más definitivas a los problemas que agobian hoy a la economía cubana.

Por otra parte, nuestros resultados muestran que la agricultura respondió negativamente en términos de eficiencia al choque externo de comienzos de la década de los noventa. También nuestros resultados muestran que las políticas de ajuste y reformas implementadas durante esta década contribuyeron a recuperar los niveles de eficiencia anteriores y, probablemente, a superarlos. Si agregamos el cambio tecnológico que tiene lugar durante esta época, los resultados productivos son aún más positivos.

Finalmente, hay que señalar que estos son resultados excesivamente agregados. Resultaría importante el poder desagregar estos resultados por rama de producción agrícola. Ya en estudios anteriores señalábamos que hay una marcada diferenciación en la conducta del sector azucarero con respecto al resto de la agricultura. Aún más, sería extremadamente importante el poder realizar estudios a nivel microeconómico basados en datos de corte de sección, y aún mejor de panel, al nivel de las firmas y unidades productivas.

### **Referencias bibliográficas**

- Aguilar, Renato, 1988, Efficiency in production: theory and application on Kenyan smallholders, en *Ekonomiska Studier utgivna av Nationalekonomiska Institutionen Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet* **25**, Suecia.
- Ball, V. Eldon, 1985, Output, Input, and Productivity Measurement in U.S. Agriculture, 1948-79, en *American Journal of Agricultural Economics* **67**, pp. 475-485.
- Battese, George E. y T. J. Coelli, 1992, Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: with Application to Paddy Farmers in India, en *Journal of Productivity Analysis* **3**, pp. 153-169.
- Battese, George E. y Sumiter S. Broca, 1997, Functional Forms of Stochastic Frontier Production Functions and Models for Technical Inefficiency Effects: A Comparative Study for Wheat Farmers in Pakistan, en *Journal of Productivity Analysis* **8**, pp. 395-414.
- Bhattacharyya, Anjana, Arunava Bhattacharyya y Subal C. Kumbhakar, 1996, Government Interventions, Market Imperfections, and Technical Inefficiency in a Mixed Economy: A Case Study of Indian Agricultura, en *Journal of Comparative Economics* **22**, pp. 219-241.

- Färe, Rolf, 1975, Efficiency and the Production Function, en *Zeitschrift für Nationalökonomie* **35**, pp. 317-324.
- Färe, Rolf y C.A. Knox Lovell, 1978, Measuring the Technical Efficiency of Production, en *Journal of Economic Theory* **19**, pp. 150-162.
- Färe, Rolf, C.A. Knox Lovell y Shawna Grosskopf, 1983, The Structure of Technical Efficiency, en *Scandinavian Journal of Economics* **85 (2)**, pp. 181-190.
- Färe, Rolf y Shawna Grosskopf, 2000, Theory and Application of Directional Distance Functions, en *Journal of Productivity Analysis* **13**, pp. 93-103.
- Førsund, Finn R. y Lennart Hjalmarsson, 1974, On the Measurement of Productive Efficiency, en *Swedish Journal of Economics*, pp. 141-154.
- Førsund, Finn R., Knox Lovell y Peter Schmidt, 1980, A survey of frontier production functions and their relationship to efficiency measurement, en *Journal of Econometrics* **13**.
- García Álvarez, Anicia, 2002, Estudios Empíricos sobre la Agricultura Cubana, en *Cuba: el Sector Agropecuario y las Políticas Agrícolas ante los Nuevos Retos (en imprenta)*, MEP-ASDI.
- Greene, William H., 1980, Maximum Likelihood Estimation of Econometric Frontier Functions, en *Journal of Econometrics* **13**, pp. 27-56.
- Huang, Cliff J. y Faqir S. Bagi, 1984, Technical Efficiency on Individual Farms in Northwest India, en *Southern Economic Journal* **51 (1)**, Julio.
- Jondrow, James, C.A. Knox Lovell, Ivan Materov y Peter Schmidt, 1982, On the Estimation of Technical Efficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model, en *Journal of Econometrics* **19**, pp. 233-238.
- Kopp, Raymond J., 1981, The Measurement of Productive Efficiency: a Reconsideration, en *The Quarterly Journal of Economics*, Agosto, pp. 477-503.
- Lambert, David K., 1998, Productivity Measurement from Reference Technology: A Distance Function Approach, en *Journal of Productivity Analysis* **10**, pp. 289-304.
- Lingard, J., L. Castillo y S. Jayasuriya, 1983, Comparative Efficiency of Rice Farms in Central Luzon, The Philippines, en *Journal of Agricultural Economics* **34 (2)**, pp. 163-173.
- Liu, Zinan y Juzhong Zhuang, 2000, Determinants of Technical Efficiency in Post-Collective Chinese Agriculture: Evidence from Farm-Level Data, en *Journal of Comparative Economics* **28**, pp. 545-564.
- Mathijs, Erik y Johan F. M. Swinnen, 2001, Production Organization and Efficiency During Transition: An Empirical Analysis of East German Agriculture, en *The Review of Economics and Statistics* **83 (1)**, pp. 100-107.

- Okenstierna, Susanne, 1987, Bonuses, Factor demand, and Technical Efficiency in the Soviet Enterprise, en *Journal of Comparative Economics* **11**, pp. 234-244.
- Rusell, N. P. y T. Young, 1983, Frontier Production Functions and the Measurement of Technical Efficiency, en *Journal of Agricultural Economics* **34 (2)**, pp. 139-150.
- Wu, Yanrui, 1995, Productivity Growth, Technological Progress, and Technical Efficiency Change in China: A Three-Sector Analysis, en *Journal of Comparative Economics* **21**, pp. 207-229.



## Anexo 1. Resultados de la estimación de una frontera de producción de tipo Cobb-Douglas para la agricultura cubana

```

-----+-----
Limited Dependent Variable Model - FRONTIER Regression
Ordinary least squares regression Weighting variable = none
Dep. var. = LQ Mean= 7.920272084 , S.D.= .2147820076
Model size: Observations = 30, Parameters = 5, Deg.Fr.= 25
Residuals: Sum of squares= .3517156432 , Std.Dev.= .11861
Fit: R-squared= .737096, Adjusted R-squared = .69503
Model test: F[ 4, 25] = 17.52, Prob value = .00000
Diagnostic: Log-L = 24.1238, Restricted(b=0) Log-L = 4.0843
LogAmemiyaPrCrt.= -4.110, Akaike Info. Crt.= -1.275
-----+-----

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Mean of X
Constant	4.490509582	6.1324085	.732	.4640	
LL	-1.709693815	.73245785	-2.334	.0196	6.7877688
LT	1.231044868	.92726502	1.328	.1843	8.7116078
LE	.4408418622	.14193251	3.106	.0019	8.3713403
LQUIM	.1057040511	.47670582E-01	2.217	.0266	5.8649745

Stoch. Frontier: OLS residuals have wrong skew. OLS is MLE.

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Resultados de la estimación de una frontera de producción de tipo Cobb-Douglas para la agricultura cubana en función de los insumos químicos.

```

-----+-----
Limited Dependent Variable Model - FRONTIER Regression
Ordinary least squares regression Weighting variable = none
Dep. var. = LQ Mean= 7.920272084 , S.D.= .2147820076
Model size: Observations = 30, Parameters = 2, Deg.Fr.= 28
Residuals: Sum of squares= .7573154073 , Std.Dev.= .16446
Fit: R-squared= .433913, Adjusted R-squared = .41370
Model test: F[ 1, 28] = 21.46, Prob value = .00008
Diagnostic: Log-L = 12.6194, Restricted(b=0) Log-L = 4.0843
LogAmemiyaPrCrt.= -3.546, Akaike Info. Crt.= -.708
-----+-----

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Mean of X
Constant	6.452226405	.31830358	20.271	.0000	
LQUIM	.2503072582	.54029939E-01	4.633	.0000	5.8649745

Normal exit from iterations. Exit status=0.

```

-----+-----
Limited Dependent Variable Model - FRONTIER
Maximum Likelihood Estimates
Dependent variable LQ
Weighting variable ONE
Number of observations 30
Iterations completed 12
Log likelihood function 12.62153
Variances: Sigma-squared(v)= .02321
Sigma-squared(u)= .00560
-----+-----

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Mean of X
Primary Index Equation for Model					
Constant	6.516114673	1.3483424	4.833	.0000	
LQUIM	.2495943105	.74099891E-01	3.368	.0008	5.8649745
Variance parameters for compound error					
Lambda	.4910181562	10.354491	.047	.9622	
Sigma	.1697318796	.42326679	.401	.6884	

Observation	Observed Y	Predicted Y	Residual	x(i)b	y(i)-x(i)b
11	7.6631	7.9333	.0846	7.9930	-.2702
12	7.5832	7.8123	.0798	7.8720	-.2291
13	7.6366	7.8164	.0744	7.8761	-.1798
14	7.6834	7.9121	.0797	7.9718	-.2287
15	7.7258	7.9125	.0751	7.9722	-.1867
16	7.8317	7.9778	.0710	8.0375	-.1461
17	7.7484	7.9531	.0771	8.0128	-.2047
18	7.7850	7.9597	.0739	8.0194	-.1747
19	7.8423	7.9896	.0711	8.0493	-.1473
20	7.8552	7.9978	.0706	8.0575	-.1426
21	8.0374	8.0323	.0576	8.0920	.0051
22	8.1602	8.0628	.0510	8.1225	.0974
23	8.1255	8.0356	.0515	8.0953	.0899
24	8.1066	8.0412	.0532	8.1009	.0654
25	8.1627	8.0709	.0514	8.1306	.0918
26	8.1712	8.0874	.0519	8.1471	.0838
27	8.1983	8.0739	.0493	8.1336	.1244
28	8.1896	8.0647	.0492	8.1244	.1249
29	8.2139	8.0392	.0462	8.0989	.1747
30	8.2244	8.0897	.0486	8.1494	.1347
31	8.1909	8.0414	.0477	8.1010	.1496
32	8.0782	7.7757	.0396	7.8354	.3024
33	7.8784	7.6372	.0426	7.6969	.2411
34	7.6479	7.6837	.0609	7.7434	-.0358
35	7.6204	7.6518	.0605	7.7115	-.0314
36	7.7094	7.8472	.0701	7.9069	-.1378
37	7.8526	7.8436	.0573	7.9033	.0090
38	7.8536	7.7831	.0528	7.8428	.0706
39	7.8878	7.7165	.0464	7.7762	.1713
40	7.9446	7.7663	.0460	7.8260	.1783

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3. Resultados de la estimación de una frontera de producción de tipo Cobb-Douglas para la agricultura cubana en función de los insumos químicos y con cambio estructural en 1989.

```

+-----+
| Limited Dependent Variable Model - FRONTIER Regression
| Ordinary least squares regression Weighting variable = none
| Dep. var. = LQ Mean= 7.920272084 , S.D.= .2147820076
| Model size: Observations = 30, Parameters = 4, Deg.Fr.= 26
| Residuals: Sum of squares= .3037187306 , Std.Dev.= .10808
| Fit: R-squared= .772973, Adjusted R-squared = .74678
| Model test: F[ 3, 26] = 29.51, Prob value = .00000
| Diagnostic: Log-L = 26.3246, Restricted(b=0) Log-L = 4.0843
| LogAmemiyaPrCrt.= -4.325, Akaike Info. Crt.= -1.488
+-----+

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Mean of X
Constant	4.024028965	.47406142	8.488	.0000	
LQUIM	.6369562530	.77148550E-01	8.256	.0000	5.8649745
D89	2.489033443	.56866908	4.377	.0000	.36666667
D89LQUIM	-.3801341947	.96453500E-01	-3.941	.0001	1.9786029

Normal exit from iterations. Exit status=0.

```

+-----+
| Limited Dependent Variable Model - FRONTIER
| Maximum Likelihood Estimates
| Dependent variable LQ
| Weighting variable ONE
| Number of observations 30
| Iterations completed 12
| Log likelihood function 26.33260
| Variances: Sigma-squared(v)= .00787
| Sigma-squared(u)= .00624
+-----+

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Mean of X
Primary Index Equation for Model					
Constant	4.113953341	.51185817	8.037	.0000	
LQUIM	.6322817336	.80833518E-01	7.822	.0000	5.8649745
D89	2.485631674	.64995685	3.824	.0001	.36666667
D89LQUIM	-.3792143583	.11760458	-3.224	.0013	1.9786029
Variance parameters for compound error					
Lambda	.8903690206	2.8772251	.309	.7570	
Sigma	.1187943924	.91366399E-01	1.300	.1935	

Observation	Observed Y	Predicted Y	Residual	x(i)b	y(i)-x(i)b
11	7.6631	7.7921	.0940	7.8552	-.1291
12	7.5832	7.4857	.0420	7.5488	.0975
13	7.6366	7.4962	.0366	7.5592	.1404
14	7.6834	7.7385	.0718	7.8015	-.0551
15	7.7258	7.7394	.0617	7.8025	-.0137
16	7.8317	7.9049	.0767	7.9679	-.0732
17	7.7484	7.8424	.0828	7.9054	-.0940
18	7.7850	7.8590	.0770	7.9220	-.0740
19	7.8423	7.9348	.0824	7.9979	-.0925
20	7.8552	7.9555	.0848	8.0186	-.1004
21	8.0374	8.0431	.0600	8.1061	-.0057
22	8.1602	8.1202	.0510	8.1832	.0400
23	8.1255	8.0513	.0453	8.1143	.0742
24	8.1066	8.0656	.0508	8.1286	.0410
25	8.1627	8.1407	.0543	8.2038	.0219
26	8.1712	8.1827	.0612	8.2457	-.0114
27	8.1983	8.1483	.0492	8.2114	.0500
28	8.1896	8.1250	.0468	8.1881	.0645
29	8.2139	8.0605	.0352	8.1235	.1534
30	8.2244	8.1925	.0525	8.2556	.0318
31	8.1909	8.1435	.0497	8.2066	.0474
32	8.0782	7.8742	.0303	7.9372	.2040
33	7.8784	7.7338	.0361	7.7968	.1446
34	7.6479	7.7809	.0953	7.8439	-.1330
35	7.6204	7.7485	.0937	7.8116	-.1282
36	7.7094	7.9467	.1347	8.0097	-.2372
37	7.8526	7.9430	.0817	8.0060	-.0904
38	7.8536	7.8817	.0650	7.9447	-.0280
39	7.8878	7.8142	.0454	7.8772	.0736
40	7.9446	7.8647	.0445	7.9277	.0799

Fuente: Elaboración propia.