



Marzo 2018 - ISSN: 1696-8352

## **PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN ECUADOR BAJO UN ENFOQUE ECONÓMETRICO**

**Diego Marcelo Lara Haro**

[diegolaraharo@gmail.com](mailto:diegolaraharo@gmail.com)

**Carmen Yesenia Cobos Valencia**

[yeseniacova\\_02@hotmail.com](mailto:yeseniacova_02@hotmail.com)

**David Oswaldo Cardoso Carrasco**

[davichocar88@hotmail.com](mailto:davichocar88@hotmail.com)

**Juan Federico Villacis Uvidia**

[jf.villacis@uta.edu.ec](mailto:jf.villacis@uta.edu.ec)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Diego Marcelo Lara Haro, Carmen Yesenia Cobos Valencia, David Oswaldo Cardoso Carrasco y Juan Federico Villacis Uvidia (2018): "Productividad del cultivo de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) en Ecuador bajo un enfoque econométrico", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (marzo 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/cultivo-cana-azucar.html>

### **RESUMEN**

En el presente artículo tratamos de determinar las variables que tiene un impacto significativo sobre la productividad del cultivo de la caña de azúcar en el Ecuador, a través de un modelo econométrico generado con la metodología de Mínimos Cuadrados en dos Etapas. La Región, el Riego, la Edad del Cultivo y el Control Fitosanitario, influyen significativamente sobre la productividad de la caña de azúcar en el país. En los datos analizados determinamos que la región de cultivo presenta endogeneidad a la cual se instrumentó con las variables Temperatura, Heliofania y Precipitación.

\* Economista mención en Gestión Empresarial, Magíster en Economía y Administración Agrícola, Cursando el Doctorado en Ciencias Económicas en la Universidad Católica Andrés Bello (Caracas – Venezuela), Oficial de Cámara de Compensación del Banco de Guayaquil, Gerente General de la Hostal Torre Azul.

\*\* Ingeniera en Administración de Empresas, Cursando el Doctorado en Ciencias Económicas en la Universidad Católica Andrés Bello (Caracas – Venezuela), Asesora Comercial del Banco Solidario, Capacitadora en Infocentro del Ministerio de Telecomunicaciones.

\*\*\* Economista mención en Gestión Empresarial, Cursando el Doctorado en Ciencias Económicas en la Universidad Católica Andrés Bello (Caracas – Venezuela), Asistente Provincial de Auditoría y Jefe de Talento Humano Delegación de Chimborazo de la Contraloría General del Estado, Jefe de Control de Proyectos Minga S.A., Asistente de Liquidación de la COAC Acción Rural.

\*\*\*\* Economista mención en Gestión Empresarial, Magister en Pequeñas y Medianas y Empresas mención en Finanzas, Docente a Contrato en la Universidad Técnica de Ambato en la Unidad de Nivelación y Admisión, Auxiliar del Departamento de Control Interno de Donoso Constructores Cia. Ltda.

El análisis de datos con referencia espacial no debe efectuarse bajo los supuestos de la estadística clásica de independencia y varianza homogénea debido a la existencia de correlación entre observaciones vecinas y heterogeneidad espacial. Por esto, los métodos Bayesianos fueron utilizados como una alternativa a los métodos tradicionales que permite incorporar, en la especificación de un modelo, tanto los efectos espaciales de los datos como un conjunto de distribuciones a priori para sus parámetros. Luego de la estimación y elección del modelo, se interpretaron los parámetros estimados y se evaluó el desempeño del mismo en la obtención de pronósticos para la siguiente cosecha.

La investigación permitió concluir que la incidencia de los factores en el periodo agrícola de investigación está acorde con el conocimiento de los expertos agrónomos y que los pronósticos para el siguiente periodo se ajustan en gran medida a los valores reales.

**Palabras claves:** Productividad, Calidad, Costos, Linealidad, Exogeneidad

## **ABSTRACT**

**TITLE:** PRODUCTIVITY OF SUGAR CANE CULTIVATION (*Saccharum officinarum*) IN ECUADOR UNDER AN ECONOMETRIC APPROACH

In this article we try to determine the variables that have a significant impact on the productivity of the sugarcane crop in Ecuador, through an econometric model generated with the methodology of Least Squares in two Stages. The Region, the Irrigation, the Age of the Cultivation and the Phytosanitary Control, influence significantly on the productivity of the sugar cane in the country. In the analyzed data we determined that the culture region presents endogeneity to which it was instrumented with the variables Temperature, Heliofania and Precipitation.

The analysis of data with spatial reference should not be made under the assumptions of the classical statistics of independence and homogeneous variance due to the existence of correlation between neighboring observations and spatial heterogeneity. For this reason, Bayesian methods were used as an alternative to traditional methods that allows to incorporate, in the specification of a model, both the spatial effects of the data and a set of distributions a priori for its parameters. After estimating and choosing the model, the estimated parameters were interpreted and the performance thereof was evaluated in obtaining forecasts for the next harvest.

The investigation allowed to conclude that the incidence of the factors in the agricultural research period is in accordance with the knowledge of the agronomists and that the forecasts for the following period are adjusted to a great extent to the real values.

**Keywords:** Productivity, Quality, Costs, Linearity, Exogeneity

## **INTRODUCCIÓN**

El área cultivada de caña de azúcar en el Ecuador de acuerdo al Inec en el año 2012 son 81000 Ha para la producción de azúcar y 50000 Ha para la producción de panela. En promedio se obtiene un rendimiento de 80 TM/ha en caña y 220 lbs, de azúcar procesada por Hectárea. (INEC, 2012)

Los cultivos permanentes representan el 18,7% de la superficie de labor agropecuaria siendo la caña de azúcar, banano y palma africana los cultivos que en su conjunto abarcan el 96% de la producción total de cultivos permanentes (INEC, 2012). La producción nacional de caña de azúcar en el Ecuador en el año 2012 fue 7,3 millones de toneladas métricas, siendo la provincia del Guayas la que produce el 75.19%, Cañar 11.31%, Loja 7.45%, Imbabura 4,67% y la diferencia corresponde a la provincia de los Ríos. (INEC, 2012)

En consumo de azúcar per cápita en el Ecuador es de 34 kilos, mientras que el precio de la tonelada métrica de caña de azúcar en pie según el acuerdo ministerial 436 emitido por el Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP) es de 29.75 usd con 13° (Pol) determinado en guarapo de primer molino en base al sistema indexado de fijación del precio de la caña de azúcar, que constituye el 75% del valor promedio de los precios de venta a nivel de ex ingenio del saco de azúcar de 50 kilos que se comercializa en el país.(MAGAP, 2013)

La composición de variedades de caña de azúcar en el país, muestra que la variedad Ragnar es la primera en superficie con 51% del área cultivada, la variedad CC85-92 es la segunda con un 22% y la tercera la variedad ECU-01 entrega por el CINCAE con el 7%.(CINCAE, 2010)

## **DESARROLLO**

### **Productividad**

Según Quesnay (1766), economista francés pionero del pensamiento económico, afirmó que “la regla de conducta fundamental es conseguir la mayor satisfacción con el menor gasto o fatiga”. Este planteamiento está directamente relacionado con el utilitarismo y en él está presente los antecedentes que apuntan a la productividad y competitividad.

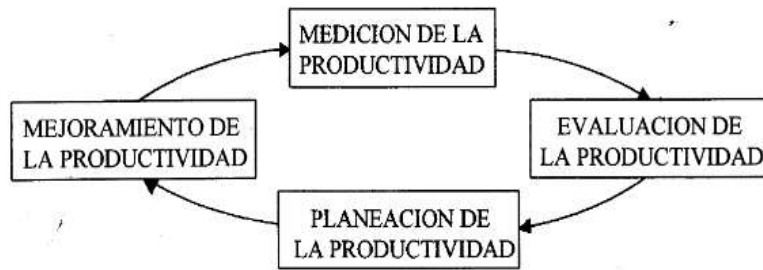
En Adam Smith podemos encontrar el concepto de productividad cuando analiza las causas y repercusiones de la división del trabajo, las características de los trabajadores y el desarrollo tecnológico y la innovación.

Al respecto, en el libro primero de “La Riqueza de las Naciones”, señala que la división del trabajo es la causa más importante del progreso en las facultades productivas del trabajo, de manera que la aptitud, la destreza y la sensatez con que este se realiza, es una consecuencia de la división del trabajo.

En otra línea de pensamiento económico, Karl Marx también se refirió al concepto de productividad en “El Capital”. Marx lo desarrolla teórica y empíricamente tanto para el sector agrícola como para el industrial, particularmente la actividad textil.

Además, diferencia la idea de productividad de la de intensidad del trabajo “... el grado social de productividad del trabajo se expresa en el volumen de la magnitud relativa de los medios de producción que un obrero, durante un tiempo dado y con la misma tensión de la fuerza de trabajo, transforma en producto...” (Marx; 1980).

### CICLO DE PRODUCTIVIDAD



**Fuente:** David J. Sumanth

Existen muchas formas de medir y analizar la productividad de la empresa; depende de los objetivos que se busquen. Según Pro-kopenko (1989), citado por Blanco (1999), algunos métodos sencillos y prácticos de analizar la productividad en la empresa son los siguientes:

- a) Medida de la productividad de los trabajadores.
- b) Sistemas de medición para planificar y analizar las necesidades de mano de obra en las unidades de producción.
- c) Sistemas de medición de la productividad del trabajo orientados a la estructura del uso de los recursos de mano de obra.
- d) Productividad del valor agregado de la empresa.

### Calidad y Productividad

Para Deming (1989) la relación es muy clara, debido a que las estrategias para mejorar la calidad conducen hacia una minimización de los costos, debido a: la disminución en el número de procedimientos que deben repetirse por haberse realizado mal la primera vez, la disminución en los retrasos de proceso y procedimientos, la mejor utilización de los recursos, etc. De aquí, que al mejorar calidad y evitar así las situaciones que se han mencionado, se tiende hacia un incremento de la productividad.

Existe una aparente relación recíproca entre calidad y productividad. Todo depende del énfasis en la estrategia que debe adoptarse para mejorar tanto la calidad como la productividad al mismo tiempo. En apariencia, y durante mucho tiempo, el énfasis se puso casi de manera exclusiva en la productividad, como si al mejorar ésta, se incrementaría, en consecuencia, el nivel de calidad.

El resultado no fue el esperado, debido a que se mejoró la productividad, pero en algunos casos hubo un deterioro de la calidad. Si se da prioridad a la calidad sobre la productividad, el resultado es diferente, porque las estrategias orientadas hacia el mejoramiento de la calidad significan ahorros importantes en los procesos de producción, que conducen a una mejora de la productividad.

## **Resumen de las Relaciones entre Calidad, Productividad y Costos**

Las relaciones entre calidad, productividad y costos pueden resumirse en las siguientes posibilidades, que parecerían ser las más obvias:

- a) A mayor calidad, mayor productividad y menores costos.
- b) A mayor productividad, menores costos y menor calidad, si es que las estrategias para incrementar la productividad no consideran su impacto en la calidad.
- c) A menor productividad, mayores costos y, muy probablemente, menor calidad.
- d) Si, a pesar de existir baja productividad, se intenta elevar la calidad, es muy probable que los costos se incrementen notoriamente para compensar la baja productividad.
- e) Aunque parezca redundante, es indispensable insistir en que los incrementos en la productividad conducirán, por definición, a la disminución de los costos, pero no siempre a los incrementos de la calidad.

## **Otra manera de la Medición de la Productividad**

Solow, a partir de la función de producción, contribuyó a establecer el factor total de la productividad como un concepto operacional. En su artículo "Technical change and the aggregate production function".

Publicado en 1957 describe una forma de separar las variaciones en el producto per cápita debidas al cambio técnico y la disponibilidad de capital per cápita.

Solow define a la función de producción agregada como:

$$Q = F(K, L; t).$$

Donde:

**Q** = producción,

**K** = insumo de capital,

**L** = insumo de mano de obra,

**K y L** = representan los insumos de capital y mano de obra en unidades físicas, y **t** representa el tiempo y aparece en **F** para considerar el cambio técnico.

Así pues, Solow se basa en una función de producción de tipo Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala, cambio tecnológico autónomo y neutral y competencia perfecta:

$$dA = dQ - a dL + b dK \quad b = (1 - a)$$

A      Q      L      K

donde:

a y b son las participaciones de trabajo y capital en el ingreso,

dQ, dL y dK son las derivadas en t de Q, L y K

Cabe señalar que Solow utiliza el concepto cambio técnico para referirse a:

"... cualquier clase de desplazamiento de la función de producción. Así pues, los retardos, las aceleraciones, las mejoras en la educación de la fuerza de trabajo, y toda clase de cosas, aparecerán como cambio técnico" (Solow; 1957).

Este autor diferencia al cambio técnico neutral de los movimientos a lo largo de ella y definiendo lo como:

"... los desplazamientos de la función de producción cuando dejan intactas las tasas marginales de sustitución y sólo aumentan o disminuyen la producción obtenible de insumos dados. En este caso, la función de producción se representa de la siguiente manera:

$$Q = A(t) f(K, L)$$

En el que el factor multiplicativo A (t) mide el efecto acumulado de los desplazamientos a través del tiempo.

"Solow propone un método para separar los desplazamientos de la función de producción agregada de los movimientos a lo largo de ella. Dicho método descansa en los siguientes supuestos:

- Se paga a los factores sus productos marginales,
- Rendimientos constantes a escala a nivel agregado de toda la economía.
- Neutralidad del cambio tecnológico.
- Competencia perfecta en toda la economía.

A partir de estos supuestos, el cambio tecnológico representa la parte del crecimiento del producto que no es "explicable" por el incremento de los insumos e incluye el mejoramiento en la educación de la fuerza de trabajo en el cambio técnico

**Los factores de la producción:** una visión global

**Levitan y Werneke**

Levitan y Werneke identifican como factores que afectan la productividad a la tecnología, la educación y la calificación de la fuerza de trabajo, los cambios en la utilización de la planta y el equipo, y la organización.

Distinguen dos corrientes entorno a la caída de la productividad a nivel internacional:

- La económica, que evalúa las tendencias de la productividad para enfatizar los factores macroeconómicos que contribuyen directamente al crecimiento: inflación y cambio cíclico en la demanda, inversión en nuevas plantas y equipo, el desarrollo de nuevas tecnologías y la calificación y experiencia de la fuerza de trabajo. Y,
- La institucional que concentra su explicación el rol de la conducta, actitudes e interacciones entre los principales participantes económicos.

Los autores reconocen que un indicador común para medir la productividad es el producto sobre el número de empleados o empleados por hora, pero también, señalan, existen otras formas de medir la productividad, entre ellas destacan la propuesta de Denison quien en su modelo incluye: factores (capital, trabajo, tierra) resultado por unidad de input (insumo), factores irregulares (huelgas, cambios en la demanda, etc.), avance en el conocimiento.

### **Baily**

Martín Baily, señaló que entre los factores que explican el comportamiento de la productividad están los siguientes: trabajo, capital, tecnología, energía y materiales, medición del producto, composición del producto, características gerenciales, regulación ambiental y política de demanda.

Ahora bien, en términos de la medición, la cuantificación de los recursos es muy difícil. Así pues, una elevación del producto no es claramente cuantificable en todas las actividades económicas, como tampoco los cambios cualitativos (calidad de los productos, nuevos productos), asociados al mejoramiento tecnológico, no son identificables ni medibles tan fácilmente. Se presentan dificultades en la medición de las horas trabajadas si se consideran las vacaciones y los días festivos, como así también en la cuantificación del capital, al trabajar con activos físicos (equipos, estructuras, etc.) y el precio de renta (o parte de la depreciación) de cada tipo de activo.

Por otra parte, uno de los problemas en la medición de la productividad tiene que ver con las fuentes de información. En algunos casos, es difícil hacer series históricas ya que el contenido de los conceptos cambia, también cuando se trata de comparar la productividad al nivel internacional, las variables no necesariamente son las mismas.

**Hernández Laos:** la productividad total de los factores.

Hernández Laos en un trabajo publicado en 1993 señala que la productividad generalmente se concibe como una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos. Este autor plantea que si bien es cierto el indicador más usual es la productividad del trabajo, también es cierto que hay tantos índices de productividad como recursos utilizados en la producción.

Sin embargo, las productividades parciales no muestran la eficiencia conjunta de la utilización de todos los recursos por lo que es importante tener una medida simultánea de la eficiencia en la utilización conjunta de los recursos; es decir, una medida de la productividad total de los factores (PTF).

El concepto de PTF, definido como la relación entre el producto real y la utilización real de factores o insumos, señala Hernández Laos, fue introducido en la literatura económica por Tinbergen al inicio de la década de los años cuarenta. De manera independiente, este concepto fue desarrollado por Stigler, y posteriormente utilizado y reformulado en los años cincuenta y los sesenta por diversos autores, entre los que destacan Kendrick, Solow, y Denison. Más recientemente, resaltan las contribuciones de Lydall, Diewert, Christensen y Jorgenson en ésta línea de investigación.

Para Hernández Laos, el problema de estas investigaciones es que suponen el progreso técnico como la derivada en el tiempo de la función de producción implícita en sus mediciones, lo que es correcto desde el punto de vista teórico, pero impone algunas restricciones para la medición de la PTF por medio de números índices.

La razón de ello estriba en que los números índices generalmente implican comparaciones utilizando datos de carácter discreto, lo que obliga a establecer una aproximación discreta a la derivada de la función de producción en el tiempo.

El índice de productividad total de los factores se expresa como:

$$PTF = (Q_t/Q_o) / ( a *(L_t/L_o) + b *(K_t/K_o) )$$

en donde:

**Qt y Qo:** son los índices de volumen del PIB al costo de los factores de la industria, en el periodo t y o, respectivamente.

**Lt y Lo:** son índices de los insumos de mano de obra en el periodo t y o, respectivamente.

**Kt y Ko:** son los índices de los acervos netos de capital fijo reproducible, valuado a precios constantes, en el periodo t y o, respectivamente.

**a = ( Wo/Yo):** es la ponderación de los insumos de mano de obra en los insumos totales (igual, a su vez, a la participación de las remuneraciones de los asalariados en el PIB al costo de los factores en el año base).

**b = (Uo /Yo):** es la ponderación de los insumos de capital en los insumos totales (e igual a 1- a).

**Yo:** expresa el valor agregado neto de la industria;

**Wo:** la remuneración a los asalariados en esa industria; y

**Uo:** los beneficios netos de la industria.

### **Propiedades de los Estimadores**

- a) INSESGADO (Exogeneidad)
- b) CONSISTENTE (Exogeneidad)
- c) MINIMA VARIANZA (Errores Esféricos)



## Supuestos de los Estimadores

1. **Linealidad** (Los parámetros deben ser lineales, caso contrario es un modelo no lineal, el incremento marginal en y no depende de los regresores).
2. **No Multicolinealidad** (Que no se relación entre las variables independientes X), podemos tener alta multicolinealidad cuando dos variables se relacionan bastante, como consecuencia de esto vamos a tener alta variabilidad en los estimadores y también no va a ser significativos. Tenemos multicolinealidad perfecta cuando una variable explica lo mismo que otra x del modelo, con alta la matriz no es invertible.
3. **Exogeneidad** (Las x no deben relacionarse con el error U), en el error pueden estar variables omitidas, errores de medición ya sea en x o en y, y shocks, las variables omitidas si se relacionan con las x producen endogeneidad.

Lo que produce endogeneidad son variables omitidas que se relacionan con las x y afectan a Y, errores de medición que se relaciona con las x, y simultaneidad, es decir no logro identificar que variable afecta a quien, en el ejemplo policías vs robos.

En este punto considero el Modelo Teórico vs el Empírico.

### Modelo Teórico

Productividad (TM/Ha) = Región + T° + Precipitación + Heliofania + Tipo de suelo + Altitud + Variedad + Fertilización + Sanidad + Riego + Tecnología + Edad cultivo + Área de cultivo + V

### Modelo Empírico

Productividad (TM/Ha) = Región + Edad cultivo + Variedad + Área de cultivo (plantada) + Riego + Fertilización + Sanidad + U

En este caso el error U es igual = T° + Precipitación + Heliofania + Tipo de suelo + Altitud + Tecnología + Shocks

## Errores Esféricos

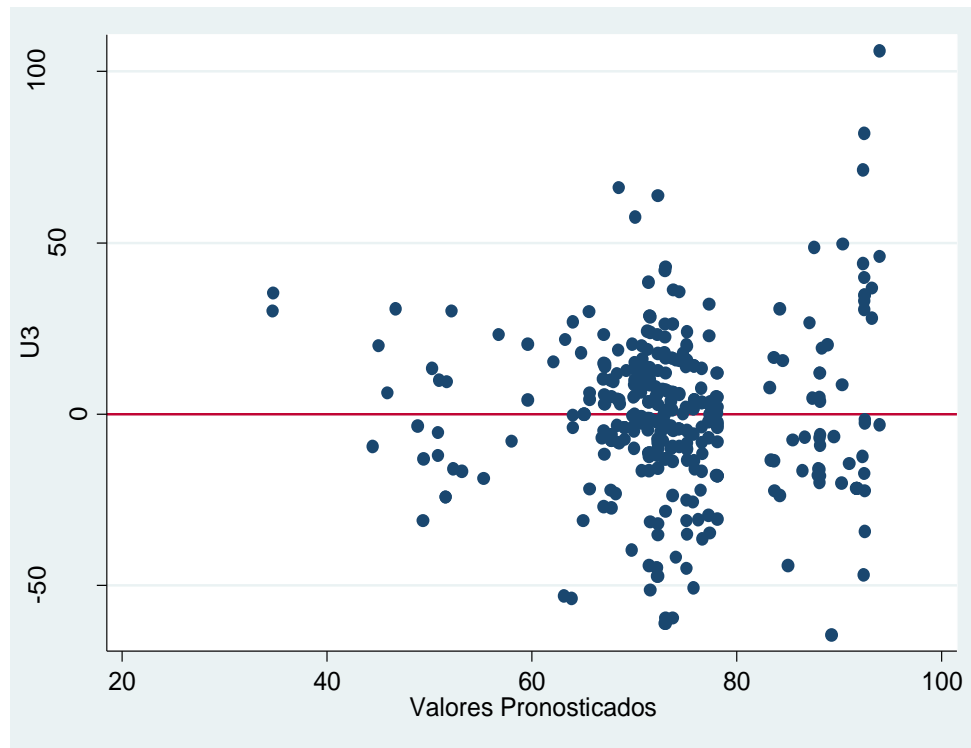
Es asumir Homocedasticidad, que significa que la varianza de mis errores es  $\sigma^2$  y no tenemos correlación serial que es lo que buscamos. Lo que no queremos es heterocedasticidad y correlación serial,

Si no cumpla con errores esféricos mi estimador será consistente, insesgado pero no tendrá mínima varianza. Si no calculo bien la matriz varianzas covarianza de mis estimadores puede hacer mala inferencia.

La varianza del error influye en la varianza de mi estimador.

Para determinar Heterocedasticidad, analizo gráficamente los residuos que son la diferencia entre el valor real de productividad y pronosticado, y también uso el test de White y determino si existe o no heterocedasticidad.

**ILUSRACION N°2**



**Fuente:** Autores

La inferencia se relaciona a concluir sobre la población, por esto debemos considerar que cuando no cumplimos con errores esféricos debo emplear en la prueba t la varianza correcta, en este caso la varianza tipo “sanduche” en este caso hago la regresión con robust al final.

Se da cuando la varianza del error no es constante. Si tomo varias muestras las varianzas de los errores deben ser iguales entonces  $V(U/x) = \sigma^2 \cdot I$

No debe existir correlación serial, por ejemplo cuando muestreo a granjas en una misma región pero en diferentes predios el error de la observación 1 no se correlaciona con el error de la observación 2, porque están en predios diferentes.

Cuando no se cumple con el supuesto de Errores Esféricos y Distribución Normal de los Errores, puedo usar:

1. Matriz de White
2. Mínimos Cuadrados Generalizados
3. Mínimos Cuadrados Estimados

### **Distribución de los Errores $N(0, \text{Sigma}^2)$ ,**

Si la distribución del error no es normal, la inferencia no es correcta

Test de Exogeneidad = Test de Housman

Test de Errores Esféricos = Test de White

### **Aplicación de Metodologías**

Cuando se cumple los 5 supuestos aplico OLS (MCO), y mis estimadores cumplen todas las propiedades

Cuando no se cumple el supuesto de exogeneidad puedo aplicar:

- 1) Variables proxy (deben cumplir 2 condiciones, que sea redundante, debe representar también a la variable omitida, y que una vez incorporada al modelo la covarianza entre la variable endógena y el error sea igual a 0, es decir que sea exógena.
- 2) Variables Instrumentales para solucionar endogeneidad, las variables instrumentales deben cumplir con 2 puntos: deben ser exógenas (debemos sustentar teóricamente) y deben relacionarse con la variable endógena (para esto hago regresión de la endógena con todas las exógenas incluida la variable instrumental, si la variable instrumental es significativa demuestra que se relaciona con la endógena y puedo correr ivreg, es decir la variable independiente con el resto de exógenas y la endógena instrumentada (educación = educación padre) para obtener estimadores consistentes del modelo . La variable instrumental ayuda a identificar la parte exógena de la variable endógena del modelo y no reemplaza a la variable endógena.

Para esto identifico la variable endógena del modelo, y la complemento con la variable exógena que probamos y determinamos que es un buen instrumento, para instrumentar o sea que se relacione con la endógena.

- 3) 2OLS (mínimos cuadrados en 2 etapas)

Aplicamos cuando tenemos 2 o más variables instrumentales es decir ya tenemos un vector de variables instrumentales.

Para esto aplico reg de la variable endógena con respecto a todas las exógenas incluidas las variables instrumentales a emplear, con este modelo estimo una nueva variable  $B_0$  gorrito (pronosticada), es decir aplico el comando predict xb, esta variable ya es exógena estimada. Con

esta nueva variable pronosticada (B0 gorrito) corro la regresión ols en función al modelo original incluida el b0 gorrito.

Esto también lo puedo hacer con ivreg, incluyendo todas las variables instrumentales con la endógena (región = Temperatura Heliofania Precipitación) y poniendo first al final, con esto tengo los mismos resultados que el procedimiento anterior.

Si no se cumple con exogeneidad y corro OLS, mi estimado será inconsistente y sesgado.

## CONCEPTO DE ERROR

Es todo aquello que afecta a la variable dependiente (Y) que no está considerado en el modelo, por ende el error puede incluir Variables Omitidas, Errores de Medición y Shocks o Simultaneidad. Generalmente las variables omitidas se deben a que no son cuantificables o son muy costosas de generarlas. Los errores de medición pueden ser en X o en Y. Si mi variable omitida se relaciona con las X existe endogeneidad.

## RESULTADOS

Para este modelo empleamos datos de corte transversal de la base de datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (Espac 2012), publicada por el INEC. La muestra se compone de datos de productividad de caña de azúcar medido en TM/Ha de cinco provincias del Ecuador correspondiente a la producción del año 2012.

El modelo econométrico empírico puede ser resumido como sigue:

$$Y(\text{TM/Ha}) = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_5 X_5 + B_6 X_6 + B_7 X_7 + U$$

Donde productividad se considera la variable dependiente o regresada medida en toneladas métricas de producción de caña por Hectárea(TM/Ha) en función de los regresores o variables independientes.

La variable  $X_1$ , corresponde a la región de cultivo de la caña, la variable  $X_2$  se refiere a la edad que tiene el cultivo en producción desde que fue sembrada, mientras que la variable  $X_3$  al impacto que tiene la variedad de la planta sembrada con relación a su producción, en este caso el rendimiento de las variedades común, mejorada e híbrida nacional la comparamos con la producción de la variedad híbrida internacional. La variable  $X_4$  considera el área sembrada, la variable  $X_5$  consideramos la aplicación o no de riego en el cultivo, la variable  $X_6$  consideramos la aplicación o no de fertilización para el cultivo y la última variable  $X_7$  el empleo o no de controles fitosanitarios durante el ciclo de producción.

Para predecir este modelo empleamos la metodología de Mínimos Cuadrados en dos Etapas (2OLS), para lo cual instrumentamos la variable endógena del modelo empírico (Región).

Las variables instrumentales empleadas fueron Temperatura expresada en grados centígrados, Heliofania medida en horas de luz por año para cada región, y la precipitación medida en mm/año correspondiente a cada región.

El modelo empírico de productividad de caña de azúcar en el Ecuador fue estimado a través de la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios en dos Etapas, empleando variables instrumentales.

La Tabla 1 presenta los resultados de la regresión de la primera etapa de las variables instrumentales (temperatura, heliofania y precipitación), en la que podemos comprobar que estas variables instrumentales tienen la capacidad explicativa razonable sobre la región, que consideramos es la variable endógena del modelo, a través de la significancia obtenida.

**TABLA N°1**  
**PRIMERA ETAPA DE LA REGRESIÓN 2OLS**

First-stage regressions						
-----						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 361		
-----						
Model	49.7921707	11	4.52656097	F( 11, 349) = 330.99		
Residual	4.77292629	349	.013676007	Prob > F = 0.0000		
-----						
Total	54.565097	360	.151569714	R-squared = 0.9125		
				Adj R-squared = 0.9098		
				Root MSE = .11694		
-----						
region	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
-----						
edad	.0026	.001567	1.66	0.098	-.0004819	.0056819
Comun	-.0211734	.0456561	-0.46	0.643	-.1109691	.0686223
Mejorada	-.032143	.0458566	-0.70	0.484	-.122333	.058047
HibridaNacional	.0155252	.0539456	0.29	0.774	-.0905742	.1216245
plantada	3.81e-07	4.60e-06	0.08	0.934	-8.66e-06	9.42e-06
riego	.4487132	.0322936	13.89	0.000	.3851986	.5122278
aplico_fertilizante	.1612794	.0555487	2.90	0.004	.0520272	.2705317
aplico_fitosanitario	-.1373271	.042246	-3.25	0.001	-.2204158	-.0542384
Temperatura	.1662241	.0060056	27.68	0.000	.1544123	.1780359
Heliofania	-.0004134	.0000444	-9.32	0.000	-.0005007	-.0003262
Precipitacion	-.0010249	.0000269	-38.15	0.000	-.0010777	-.0009721
_cons	-1.495813	.1982841	-7.54	0.000	-1.885795	-1.105831

**Fuente:** Autores

## **Análisis e Interpretación**

Las tres variables instrumentales muestran significancia estadística a un alfa de 1%. La temperatura muestra una relación positiva con la región y es lógico esperar este resultado ya que la región Costa presenta temperatura promedio más elevada, mientras que la Heliofania y la Precipitación muestran una relación negativa con la variable endógena, debido a la nubosidad presente en esta zona y los cultivos de caña no están ubicados en zona inundables.

**TABLA N°2.**

**EXPLICACIÓN DEL MODELO DE PRODUCTIVIDAD DE CAÑA DE AZÚCAR.**

Instrumental variables (2SLS) regression						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 361		
Model	36446.6424	9	4049.62694	F( 9, 351) = 7.12		
Residual	182634.246	351	520.325488	Prob > F = 0.0000		
Total	219080.889	360	608.558025	R-squared = 0.1664		
				Adj R-squared = 0.1450		
				Root MSE = 22.811		
Productividad	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
region	-16.60474	3.295345	-5.04	0.000	-23.08584	-10.12363
edad	-.7395951	.3060198	-2.42	0.016	-1.341458	-.1377319
Comun	8.217791	8.910431	0.92	0.357	-9.30676	25.74234
Mejorada	3.871703	8.951666	0.43	0.666	-13.73395	21.47735
HibridaNacional	4.59561	10.4593	0.44	0.661	-15.97518	25.1664
plantada	-.0006173	.0008964	-0.69	0.492	-.0023802	.0011457
riego	-20.60193	6.143931	-3.35	0.001	-32.68548	-8.518385
aplico_fertilizante	17.06334	10.73231	1.59	0.113	-4.044372	38.17105
aplico_fitosanitario	-22.03064	8.146033	-2.70	0.007	-38.05181	-6.009463
_cons	129.4493	13.42562	9.64	0.000	103.0445	155.8541
Instrumented: region						
Instruments: edad Comun Mejorada HibridaNacional plantada riego						
aplico_fertilizante aplico_fitosanitario Temperatura Heliofania						
Precipitacion						

**Fuente:** Autores

### **Análisis e Interpretación**

De acuerdo a los resultados obtenidos en este modelo la productividad de la caña de azúcar en el Ecuador, está influenciada significativamente (alfa = 5%) por las siguientes variables: Región, Edad del cultivo, Riego y Control fitosanitario.

La Región presenta un coeficiente altamente significativo y con signo negativo, lo que no indica que si pasamos de producir de la región sierra a la costa tendríamos una reducción de 16.60 toneladas métricas por hectárea.

La edad del cultivo también es significativa y nos presenta un coeficiente con signo negativo lo que muestra que conforme avanza la edad productiva del cultivo en un año disminuiría la producción en 0,739 toneladas métricas por hectárea.

En cuanto a la variable Riego, tenemos un coeficiente altamente significativo con signo negativo, lo que nos guía a interpretar que no disponer de riego reduce la producción en 20.6 toneladas métricas por hectárea.

Los controles fitosanitarios que se aplican para el control de plagas y enfermedades que afectan al cultivo de caña de azúcar presentan un coeficiente significativo con signo negativo, que nos indica que la producción de la caña se afectaría en 22.03 toneladas por hectárea si no realizo los controles fitosanitarios.

Aplicando nuestro modelo obtenido podemos estimar el rendimiento de caña de azúcar en pie, considerando la aplicación de riego, controles fitosanitarios y una edad de 5 años del cultivo, para la región de la Costa obtendremos una producción 49,90 Tm/Ha y para la Sierra 66.51 Tm/Ha.

## **CONCLUSIONES**

Para incrementar la productividad de caña de azúcar en el país, los ingenios azucareros deberían enfocar todos sus esfuerzos e inversiones a dotar de riego constante al cultivo, determinar ciclo óptimo de cultivo, desarrollar variedades resistentes a plagas y enfermedades para disminuir los controles fitosanitarios, y considerar las regiones geográficas que cumplan con los requerimientos climáticos de la caña de azúcar para llegar a la eficiencia productiva anhelada.

La productividad debe constar de una eficiencia y eficacia para un buen manejo en el funcionamiento del sistema de operaciones. Por ello, el sentido, la razón de ser y la importancia del concepto de productividad en la empresa, están en función de la continuidad y sobrevivencia en un ambiente de crisis y de competitividad. Las consideraciones anteriores, a la oferta de productos y servicios que satisfaga (calidad), constituyen valores inherentes o rectores que guían y orientan la esencia misma de la empresa, en el entendimiento de que tales valores son comprendidos y compartidos por cada uno de los actores dentro de la organización.

La productividad y la calidad se deben buscar, de una manera razonable y racional, incrementos en la productividad siempre y cuando estos se consideren como parte de una estrategia global de garantía de calidad. A veces, la búsqueda de la productividad, a pesar de que puede disminuir los costos, deteriora la calidad.

En cuanto a la calidad, productividad y costos se deben manejar dentro de las organizaciones, de una manera integral (holística), que haga posible que el todo sea superior a la suma de las partes (sinergia). Se debe considerar una permanente constancia de mejoramiento continuo, en el sentido de que cada meta que se logra, es un punto de partida para metas mejores.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CINCAE. (2010). Informe Anual 2010. El Triunfo.

INEC. (2012). Encuesta de Superficie y Produccion Agropecuaria Continua (ESPAC) 2012, INEC. Quito.

MAGAP. (2013). Acuerdo Ministerial. Quito.

Besterfield, D. (1995). Control de Calidad. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México

Charles, H; Foster, G. y Datar, S.(1996). Contabilidad de Costos: Un Enfoque de Gerencia. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México.

Deming, W. (1989). Calidad, Productividad y Competitividad: La Salida de la Crisis. Ediciones Díaz de Santos, S.A., Madrid, España.