



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA
E INFORMÁTICA**

ECONOMÍA

**MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA EN
FINCAS CAFETALERAS DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE
VERACRUZ, MÉXICO, MEDIANTE EL ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD
DE MALMQUIST.**

OSCAR ISMAEL CERVANTES MONSREAL

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

2010

La presente tesis titulada: **“Medición y análisis de la eficiencia productiva en fincas cafetaleras de la Zona Centro del Estado de Veracruz, México, mediante el índice de productividad de Malmquist”**, realizada por el alumno: **Oscar Ismael Cervantes Monsreal**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

**SOCIOECONOMIA, ESTADISTICA E INFORMATICA
ECONOMIA**

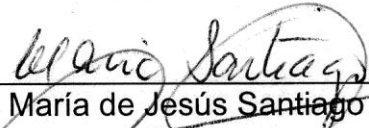
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dr. Miguel Angel Martínez Damián

ASESOR:



Dra. María de Jesús Santiago Cruz

ASESOR:



Dr. Sergio Pérez Elizalde

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2010.

MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA EN FINCAS
CAFETALERAS DE LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO,
MEDIANTE EL ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST.

Colegio de Postgraduados, Mayo 2010

Medir el nivel de productividad en eficiencia productiva de 2008 a 2009, a Fincas cafetaleras ubicadas en la zona centro del Estado de Veracruz, en base a Inputs definidos por el número de empleados y por los costos de producción medido en kilogramos dados en pesos mexicanos y a outputs definidos por el número de quintales vendidos semanalmente y por su cantidad demandada semanalmente; nos permitirá identificar a la finca que mejor utiliza sus factores productivos y por ende ser más competitiva con respecto a las demás fincas cafetaleras de la zona, logrando entre otras cosas maximizar sus ganancias o bien, minimizar sus costos productivos durante la época de cosecha (septiembre – marzo) se evaluó el cambio productivo y la descomposición de los factores que lo promovieron. Se describe la teoría subyacente a la construcción de un índice de Productividad Total de los Factores Malmquist utilizando funciones distancia, orientadas a los productos. Así como la manera de estimar estas funciones usando métodos de tipo DEA, basados en los utilizados por Färe. En base a estos modelos, los resultados de la investigación nos dicen que la Finca Cafetalera más competitiva es la Finca Casa Blanca, ya que su valor de Eficiencia Técnica de 1.29 indica que la eficiencia para la muestra analizada se incrementó de 2008 a 2009 en promedio un 29% y por otro lado, su Eficiencia Tecnológica de 1.465 señala que en un año, de 2008 a 2009, la inversión que realizó en tecnología fue significativa para generar un cambio del 46.5%. En función de los resultados anteriores, el Índice de Malmquist tiene un valor superior al de las demás fincas, siendo de 1.51, lo cual nos dice que en general, existió un cambio positivo (incremento) de 51% en la productividad para el periodo 2008 – 2009 para ésta finca.

Palabras clave: finca cafetalera, eficiencia, productividad, índice de Malmquist.

MEASUREMENT AND ANALYSIS OF THE PRODUCTIVE EFFICIENCY IN COFFEE PROPERTY OF THE ZONE CENTER OF THE STATE OF VERACRUZ, MEXICO, BY MEANS OF THE INDEX OF MALMQUIST PRODUCTIVITY.

Colegio de Postgraduados, May 2010

To measure the level of productivity in productive efficiency to 2008 from 2009, to coffee Property located in the zone center of the State of Veracruz, on the basis of Inputs defined by the number of employees and the production costs measured in kilograms given in Mexican pesos and to outputs defined by the number of sold quintals weekly and by its demanded amount weekly; it will allow us to identify to the property that better uses its productive factors and therefore to be more competitive with respect to the other coffee property of the zone, obtaining among others things to maximize its gains or, to diminish its productive costs during the time of harvest (September - March) evaluated the productive change and the decomposition of the factors promoted that it. One describes to the underlying theory to the construction of an index of Total Productivity of Malmquist Factors using functions distances oriented to products, as well as the way to consider these functions using methods of type DEA, based on the used ones by Färe.

On the basis of these models, the results of say us to the investigation that the more competitive Coffee Property is the Property Casa Blanca, since its value of Technical Efficiency of 1.29 indicates that the efficiency for the analyzed sample was increased from 2008 to 2009 in average a 29% and on the other hand, its Technological Efficiency of 1.465 indicates that in a year, from 2008 to 2009, the investment that realized in technology was significant to generate a change of the 46.5%. Based on the previous results, the Index of Malmquist has a value superior to the one of the other property, being of 1.51 which says to us that generally, a positive change (increase) of 51% in the productivity for period 2008 - 2009 for this one property existed.

Index words: coffee property, efficiency, productivity, index of Malmquist.

AGRADECIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su gran apoyo en el financiamiento de mis estudios de maestría.

A los Programas de Economía y Estadística del Instituto de Estadística, Socioeconomía e Informática del Colegio de Postgraduados, por los recursos humanos y materiales que me brindaron, lo cual hizo posible la realización de la presente investigación.

Al Dr. Miguel Ángel Martínez Damián por brindarme la oportunidad de trabajar con él y por su gran apoyo en todo momento en mi estancia dentro del Colegio de Postgraduados.

Al Dr. Sergio Pérez Elizalde por los conocimientos y las experiencias que me compartió.

A la Dra. Ma. de Jesús Santiago Cruz, por sus aportaciones y sus buenos consejos que me dejó.

Al Dr. Félix González Cossio, por su apoyo incondicional durante toda mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

A todos los profesores del Programa de Economía y de Estadística por sus conocimientos compartidos.

DEDICATORIA

A mis padres Oscar y Mildred,

A mis hermanos Erika y Aníbal

A toda mi familia

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	ii
SUMMARY.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Particulares.....	3
1.3. Hipótesis.....	3
1.4. Revisión de literatura.....	4
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Concepto de Eficiencia.....	6
2.1.1. Eficiencia Técnica.....	7
2.1.2. Eficiencia Precio.....	9
2.1.3. Eficiencia Global o Económica.....	10
2.2. Diferencia entre Eficiencia (Técnica) y Productividad.....	11
2.3. Concepto intuitivo de Envolvente.....	12
2.3.1. Caso de un Input y un Output.....	12
2.3.2. Caso de un Input y dos Output.....	13
2.3.3. Caso de dos Input y un Output.....	17
2.4. Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	21

2.5.	La técnica DEA.....	22
2.6.	Modelo DEA – CRR.....	25
2.6.1	En forma fraccional.....	25
III.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ.....	29
3.1.	Orígenes del café.....	29
3.2.	La importancia del café en México.....	31
3.3.	El café de Veracruz.....	33
IV.	METODOLOGÍA.....	35
4.1.	El Índice de Productividad de Malmquist.....	35
4.1.1.	Descomposición de Färe, Grooskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.....	40
4.1.2.	Descomposición del Índice de Malmquist al considerar rendimientos variables a escala: la propuesta de Färe, Grooskopf, Norris y Zhang.....	44
4.2.	Recopilación de la Información.....	47
4.3.	Especificación de las variables del modelo.....	47
4.4.	Funciones distancia empleando DEA.....	49
V.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	52
5.1.	Definición de la función distancia para cada finca cafetalera.....	52
5.2.	Aplicación de la descomposición de Färe, Grooskopf, Lindgren y Roos del índice de Malmquist.....	55
5.3.	Análisis de los Índices de Productividad de Malmquist.....	56
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
	Conclusiones.....	63

Recomendaciones.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	68
A.1. Principales Países Productores de Café entre el 2007 y 2008.....	68
A.2. Producción Mundial de Café.....	69
A.3. Participación de los Estados Productores de Café en México (promedio 2008 – 2009).....	70
A.4. Destino de las Exportaciones de Café mexicanas durante el 2008.....	71
A.5. Producción, Exportación y Consumo de Café en México.....	72

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1. Datos caso 1 Input y 2 Outputs.....	14
Cuadro 2.2. Output obtenido por unidad de Input consumida.....	14
Cuadro 2.3. Eficiencia Técnica por finca.....	17
Cuadro 2.4. Datos Fincas dos Inputs y un Output.....	18
Cuadro 2.5. Resultados Fincas dos Inputs y un Output.....	19
Cuadro 2.6. Eficiencia Técnica dos Inputs y un Output.....	21
Cuadro 2.7. Datos fincas 2009.....	28
Cuadro 4.2. Datos Fincas Periodo t.....	48
Cuadro 4.3. Datos Fincas Periodo t+1.....	48
Cuadro 6.1. Resultados Finales del Índice de Productividad de Malmquist.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Frontera de producción II' para la Eficiencia Técnica.....	7
Figura 2.2. Curva de Isocosto P'P en la Eficiencia Precio.....	9
Figura 2.3. Eficiencia Global o Económica.....	10
Figura 2.4. Máximo nivel de Output para cada Input sobre la frontera de producción.....	11
Figura 2.5. Eficiencia de Fincas en base a sus Outputs.....	15
Figura 2.6. Dos Inputs y un Output.....	19
Figura 4.1. Frontera eficiente periodos t y t+1 (no progreso tecnológico).....	36
Figura 4.2. Frontera eficiente t y t+1.....	37
Figura 4.3. Frontera eficiente periodo t y t+1 (RCE y RVE).....	46

APENDICE

1. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist. Finca A.....	73
2. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist. Finca B.....	77
3. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist. Finca C.....	81
4. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist. Finca D.....	85
5. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist. Finca E	89
6. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist. Finca F.....	93
7. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist. Resumen.....	97

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el sector cafetalero en México ocupa el cuarto lugar como generador de divisas, después del petróleo, las remesas y el turismo, al aportar ingresos anuales cercanos a los 500 millones de dólares.

Actualmente se cultiva café en 12 estados de México y 398 municipios (Padrón Nacional Cafetalero). La producción del país se concentra en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca, que representan el 94% de la producción nacional de café, el 85% de la superficie y el 83% de los productores (UNPC-CNC., A.C., JULIO 2009).

Asimismo, como lo comentó la senadora de Tapachula, María Elena Orantes en marzo del 2009, “nuestro país mantiene niveles de exportación de 78.2% de producción hacia Estados Unidos y el resto a Alemania, Holanda, Francia, Suiza, Italia y Bélgica”; es decir, es de las actividades agropecuarias más importantes que tenemos.

Por ello, el presente trabajo analiza la eficiencia en productividad de seis fincas cafetaleras en base a sus factores de producción, ubicadas en la parte central del Estado de Veracruz, principalmente las zonas de Misantla, Coatepec y Córdoba, donde el clima es ideal para la producción de café y por ende, es la principal actividad económica de la región.

Los cálculos que se realizan para determinar el Índice de Productividad de Malmquist (IPM), están en función del Cambio en Eficiencia Técnica (CE) y en el Cambio Tecnológico (CT) de cada finca; es decir, en la forma en cómo operan con el número de mano de obra que utiliza cada una para su producción y su maquinaria o equipo instalado para proceso de beneficio seco de café.

1.1. Planteamiento del problema

La volatilidad que tiene el precio del café en los mercados internacionales de futuros ha provocado que tanto los productores de nuestro país como el mismo gobierno federal no le den la suficiente importancia a la producción de café en nuestro país. Por otro lado, caracterizados la mayoría de los predios por localizarse en zonas de difícil acceso, gracias a los rezagos en infraestructura básica y fuerte presencia de población que vive en pobreza extrema, indican que en los últimos 25 años, dichos predios cafetaleros del país han tenido un proceso sostenido de atomización (desintegración).

El sistema de producción predominante es de baja tecnificación e intensivo en el uso de mano de obra; por ello, el principal costo de producción es el pago de jornales para realizar labores de cosecha que para algunas unidades productivas representa el 93% del costo de producción total. En la región central de Veracruz, muchos de los productores solo realizan la actividad para poder solventar sus gastos de necesidades básicas, ya no tanto para su comercialización.

Las fincas que están establecidas en dicha región, cuentan con varios años de experiencia y han tratado de sacar adelante a la producción del café llevándolo hasta mercados internacionales y procurando tener siempre una calidad constante en su producto y al mismo tiempo, beneficiar a la gente que cuenta con pocos recursos dentro de su mismo lugar geográfico.

El analizar a fincas de dicha región, nos darán indicadores de qué tan bien están empleando a sus factores productivos a pesar de tener poco apoyo federan o bien pocos recursos económicos; es decir, se calcularán Índices con los cuales podremos comparar año contra año el avance o el retroceso que tuvieron por diferentes circunstancias en base a las evidencias empíricas mencionadas anteriormente.

1.2. Objetivos

1.2.1 General

Calcular el Índice de Productividad de Malmquist para cada finca cafetalera de la región centro del Estado de Veracruz, tomando en cuenta sus factores productivos de 2008 y 2009, para analizar las características de la finca que es más eficiente en su producción.

1.2.2 Particulares

- Determinar los Cambios en Eficiencia Técnica (CE) para cada finca.
- Determinar los Cambios Tecnológicos (CT) para cada finca.
- Analizar el cambio de eficiencia técnica y tecnológica de cada finca de 2008 a 2009.
- Obtener el Índice de Productividad de Malmquist para cada finca.
- Analizar a cada finca en cuanto a su manejo de factores productivos.

1.3. Hipótesis

- La Finca Phasa es la más eficiente comparada con el resto de las fincas, ya que cuenta con un mayor número de trabajadores, además sus costos de producción por kilogramo son los más bajos y tiene la mayor venta de quintales semanalmente.
- La Finca El Xuchitl resultará ser la menos eficiente productivamente respecto a las demás, ya que cuenta con poca mano de obra en época de cosecha y además las ventas de quintales son las más bajas respecto a las otras fincas, manteniendo un costo de producción casi igual a la media del grupo.

1.4. Revisión de literatura

Específicamente trabajos con Índice de Malmquist aplicados a medir eficiencia productiva para fincas cafetaleras no hay; sin embargo, el uso que muchos investigadores le han dado al Índice de Malmquist para cálculos de eficiencia han sido para una gran variedad de temas.

La publicación que realizaron Hugo Javier Fuentes Castro y Leticia Armenta Fraire con el título de *“Las políticas públicas y la productividad: del diagnóstico a la solución efectiva. El caso de San Mateo Atenco”*¹, utilizaron el modelo de Färe, determinaron sus funciones distancia para cada periodo, mismo que se utiliza en el presente trabajo, definiendo al Índice de Malmquist como:

$$M_{oc}(K^{t+1}, Y^{t+1}; X^t, Y^t) = \frac{D_{oc}^{t+1}(K^{t+1}, Y^{t+1})}{D_{oc}^t(K^t, Y^t)} \left[\left(\frac{D_{oc}^t(K^{t+1}, Y^{t+1})}{D_{oc}^{t+1}(K^{t+1}, Y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_{oc}^t(K^t, Y^t)}{D_{oc}^{t+1}(K^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2}$$

Que es el producto del Cambio en Eficiencia Técnica y el Cambio Tecnológico.

En su publicación, miden el cambio en la productividad durante la década de los años noventa en San Mateo Atenco para un grupo de empresas, descomponiendo de igual forma dicho cambio en tecnológico y en cambio en eficiencia. Al final de su investigación, concluyen que con ésta metodología utilizada para el cálculo del Índice de Malmquist, obtuvieron conclusiones confiables y trascendentes, según palabras de ellos mismos.

Chieko Umetsu, Thamana Lekprichakul y Ujjayant Chakravorty en noviembre de 2003, realizaron un trabajo con el título: *“Efficiency and Technical Change in the Philippine Rice Sector: A Malmquist Total Factor Productivity Analysis”*, en donde

¹ Publicada en la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, por parte de la Universidad Autónoma Metropolitana en el 2006.

de igual forma aplican la descomposición del Índice de Malmquist propuesto por Färe, en donde analizaron la productividad, eficiencia y cambio tecnológico en diferentes sectores productivos en Filipinas después de la revolución verde, de 1971 a 1990².

Los resultados a los que llegaron fue que el Índice de productividad de Malmquist en promedio tuvo un crecimiento paulatino. En los años 70's la productividad tuvo retrocesos y con la introducción de nuevas variedades de arroz se logró un aumento en la productividad de forma considerable. De igual manera, la aplicación de éste modelo fue muy acertado para la investigación que realizaron.

² Färe, R.; Grosskopf, S.; Norris, M. y Zhang, Z. 1994. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *American Economic Review* 84(1):66-83.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto de Eficiencia

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) surge como una extensión del trabajo de Färell (1957), quien proporciona una “medida satisfactoria de eficiencia productiva” que tiene en cuenta todos los Inputs (recursos empleados) y muestra cómo puede ser calculada, ilustrando su método en una aplicación a la producción agrícola en Estados Unidos.

En su investigación, Farell parte de un caso sencillo, el de una empresa que emplea dos Inputs para la obtención de un único Output estableciendo los siguientes criterios:

- a) Las empresas operan bajo condiciones de rendimientos constantes a escala, esto es, que el incremento porcentual del Output es igual al incremento porcentual experimentado por los Inputs. Este supuesto permite que la tecnología de producción pueda ser representada mediante la isocuanta unidad, que identifica las distintas combinaciones de los dos factores que una empresa perfectamente eficiente podría usar para producir una unidad de Output.
- b) Isocuanta convexa hacia el origen y con pendiente no positiva, lo que indica que el incremento en el Input por unidad de Output de un factor, implica eficiencia técnica más baja.
- c) La función de producción eficiente es conocida.

A partir de los supuestos anteriores, Farell haciendo uso de la curva isocuanta, comienza definiendo el concepto de eficiencia técnica, y continúa proporcionando una medida de eficiencia que tome en cuenta el uso de los diversos factores en las mejores proporciones desde el punto de vista de los precios (eficiencia precio)

para lo cual emplea una curva de coste que muestra todas las posibles combinaciones de Inputs que pueden adquirirse a un coste total dado. Una empresa perfectamente eficiente (eficiencia global) será aquella que presente eficiencia técnica y eficiencia precio.

Los conceptos de eficiencia técnica, eficiencia precio y eficiencia global introducidos por Farrell son desarrollados a continuación:

2.1.1. Eficiencia Técnica

Considérese cuatro unidades A, B, C, D, cada una de las cuales obtiene un único Output (y) empleando para ellos dos Inputs (x_1 y x_2)

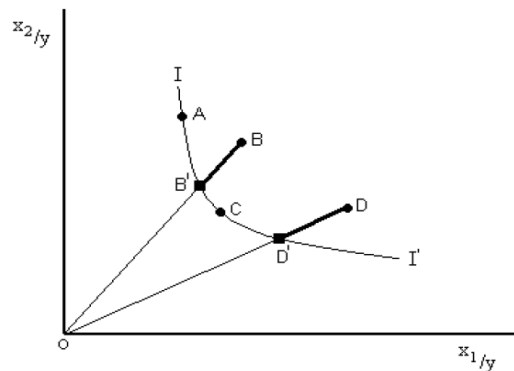


Figura 2.1 Frontera de producción II' para la Eficiencia Técnica.

Cada punto representa las coordenadas del plan de producción: $\frac{x_1}{y}, \frac{x_2}{y}$

Observado para cada una de las referidas Unidades. La curva de la Isocuanta va de II' de tal modo que aquellas que se encuentran por encima de la misma resultan ineficientes.

Así, la eficiencia técnica que pone de manifiesto la capacidad que tiene una Unidad para obtener el máximo Output a partir de un conjunto dado de Inputs, se

obtiene al comparar el valor observado de cada Unidad con el valor óptimo que viene definido por la frontera de producción estimada (isocuanta eficiente).

Observando la gráfica anterior, podemos ver que tanto la Unidad B como la D son ineficientes técnicamente, puesto que ambas podrían reducir la cantidad de Inputs consumidos y seguir produciendo una Unidad de Outputs. La ineficiencia de estas Unidades vendrá dada por la distancia B'B y D'D, respectivamente. Por el contrario, las unidades A y C son técnicamente eficientes puesto que operan sobre la isocuanta eficiente.

Numéricamente puede obtenerse la puntuación de eficiencia (relativa) como la relación entre la longitud de la línea desde el origen hasta el punto proyectado sobre la isocuanta eficiente de la unidad considerada y la longitud de la línea que une el origen a la Unidad considerada. Así, para B se tiene:

$$\text{Eficiencia Técnica de B} = ET_B = \frac{OB'}{OB}$$

Evidentemente, la eficiencia técnica así definida sólo puede tomar valores comprendidos entre cero y uno³. Una puntuación cercana a cero debe entenderse como que la Unidad que está siendo evaluada se encuentra muy lejos de la isocuanta eficiente y, en consecuencia, se trata de una Unidad muy ineficiente técnicamente. Todo lo contrario sucede si la eficiencia técnica está próxima a uno. Finalmente, una eficiencia técnica de uno indica que la Unidad se encuentra sobre la isocuanta eficiente, como es el caso de A y C.

De manera análoga, la eficiencia técnica para la Unidad D vendrá dada por:

$$ET_D = \frac{OD'}{OD}$$

³ Färe, R.; S. Grosskopf; B. Lindgren y P. κous. 1994. Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist output index approach. Dordrecht, Klumer Academic Publishers, Holanda.

2.1.2. Eficiencia Precio

La eficiencia precio se refiere a la capacidad de la Unidad para usar distintos Inputs en proporciones óptimas dados sus precios relativos. Siguiendo con la figura anterior, se muestra la línea de isocosto PP' . La pendiente de la isocoste representa la relación entre los precios de los Inputs X_1 y X_2 .

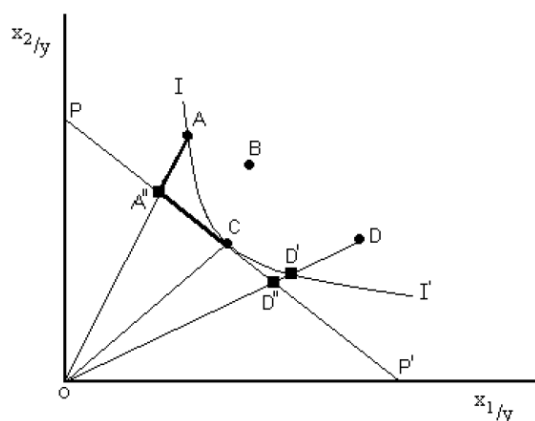


Figura 2.2 Curva de Isocosto $P'P$ en la Eficiencia Precio.

Las Unidades A y C presentan eficiencia técnica puesto que operan sobre la isocuanta eficiente; sin embargo, como se ve en la figura anterior, únicamente la Unidad C resulta ser también eficiente en precios, en tanto que la Unidad A debería reducir los costes totales en la distancia $A''A$ o, en la proporción $([1 - (OA'' / OA)] * 100)$, para ser eficiente en precio.

La puntuación de eficiencia precio puede obtenerse como la relación entre la longitud de la línea desde el origen hasta el punto proyectado sobre la isocoste eficiente de la Unidad considerada y la longitud de la línea que une el origen al punto proyectado sobre la isocuanta eficiente de la Unidad considerada. Así, para la Unidad A se tiene que la eficiencia precio será:

$$\text{Eficiencia Precio} = EP_A = \frac{OA''}{OA}$$

Este indicador proporciona una medida de eficiencia precio tomando valores entre cero y uno, de manera que si la puntuación de eficiencia precio es distinta de uno se dice que la Unidad considerada es ineficiente en precios.

2.1.3. Eficiencia Global o Económica

Para una Unidad dada, la eficiencia global, también llamada eficiencia económica, se obtiene mediante el cociente entre la longitud de la línea que va desde el origen hasta el punto proyectado sobre la isocoste eficiencia y la longitud de la línea que va desde el origen hasta el punto que representa a la Unidad considerada.

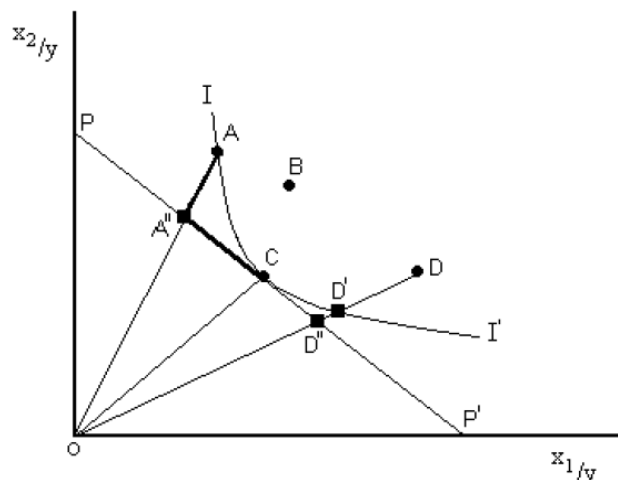


Figura 2.3 Eficiencia Global o Económica

Así, la eficiencia global de la Unidad D para la gráfica anterior será:

$$\text{Eficiencia Global} = EG_D = \frac{OD''}{OD}$$

Para esta misma Unidad, Farell descompuso la eficiencia global de la siguiente forma:

$$EG_D = \frac{OD''}{OD} = \frac{OD'}{OD} * \frac{OD''}{OD'}$$

Es decir, la eficiencia global (EG) es igual al producto de la Eficiencia Técnica (ET) OD'/OD y la Eficiencia precio (EP) OD''/OD' y su valor estará entre cero y uno.

Como se puede ver en la figura anterior, sólo la Unidad C muestra eficiencia técnica y eficiencia precio, siendo entonces, la única Unidad globalmente eficiente.

2.2. Diferencia entre Eficiencia (Técnica) y Productividad

Hemos descrito la forma en que la eficiencia global puede ser descompuesta en eficiencia técnica y eficiencia precio. Cuando se habla de productividad, normalmente se hace referencia al concepto de productividad media de un factor, es decir, al número de Unidades de Output producidas por cada Unidad empleada del factor.

Suponga un proceso productivo que emplea un único Input en cada X para producir un único Output en cantidad Y.

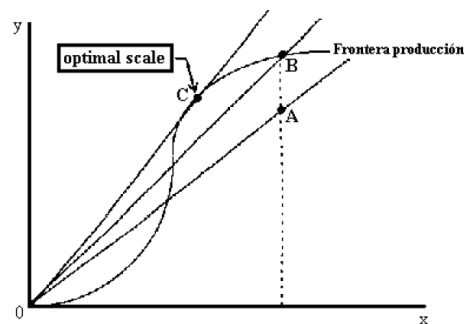


Figura 2.4 Máximo nivel de Output para cada Input sobre la frontera de producción.

En la gráfica anterior se representaron tres Unidades (A, B y C) y la frontera de producción que representa el máximo Output alcanzable para cada nivel de Input, y refleja el estado actual de la tecnología en la industria.

Según la gráfica anterior de Coelli, Prasada Rao y Battense (1988), las Unidades B y C son técnicamente eficientes puesto que operan sobre la frontera, en tanto que la A es ineficiente al situarse por debajo de ésta. Por su parte, la productividad de una Unidad, es decir, su productividad media de un factor, se mide como la pendiente de la línea recta desde el origen hasta el punto que lo representa. Ahora, la Unidad A podría ganar eficiencia y productividad al moverse hacia el punto representado por la B, mientras que ésta última, técnicamente eficiente, podría ganar en productividad si se moviera hacia el punto que representa a la Unidad C, el de máxima productividad, el punto de escala óptima.

Por lo tanto, podemos decir que una empresa puede ser técnicamente eficiente pero todavía ser capaz de mejorar su productividad al explotar economías de escala.

2.3. Concepto intuitivo de Envolvente

Para establecer el concepto de envolvente, se plantean tres casos:

2.3.1. Caso de un Input y un Output

Partiendo de un conjunto de n Unidades, cada una de las cuales produce un único Output (y) usando un único Input (x), fácilmente puede obtenerse un indicador de eficiencia para cada una de las n Unidades consideradas, usando la tradicional definición de eficiencia como el cociente entre el Output y el Input, en este caso será a partir de las puntuaciones obtenidas, es decir, una clasificación de

eficiencia. Así, la Unidad más eficiente será aquella cuyo cociente sea mayor. También se podrá comparar las Unidades y determinar la eficiencia relativa de éstas respecto de las calificadas como más eficientes.

2.3.2. Caso de un Input y dos Outputs.

Supóngase que el conjunto de n Unidades producen dos Outputs (y_1, y_2) empleando un único Input (x). En este caso podría considerarse para cada Unidad, el Output producido por unidad Input, es decir, los cocientes:

$$\frac{y_1}{x}, \frac{y_2}{x}$$

Ahora, la evaluación de la eficiencia resulta poco más compleja, puesto que una Unidad puede presentar el mejor comportamiento en la relación y_1/x y no suceder lo mismo con la relación y_2/x , en la que el mejor rendimiento lo presenta una Unidad distinta a aquella. Entonces, para el caso de las fincas cafetaleras tendremos lo siguiente:

Considerando a las 6 fincas de mayor importancia de la región centro de Veracruz⁴, vamos a evaluar su eficiencia a partir de las siguientes variables:

Output: Número mensual de toneladas vendidas (y_1) y número de órdenes de compras recibidas mensualmente en las fincas (y_2)

Input: Número de empleados en el rancho (x)

⁴ Los datos fueron recabados por entrevistas directas con dueños y capataces de las fincas. De igual se obtuvo la información en la Expo Café, en septiembre de 2009 en el World Trade Center de la Ciudad de México.

Finca (Unidad)	Número empleados	Venta de toneladas de café	Órdenes de compra de café
A	10	15	40
B	14	28	42
C	16	24	48
D	16	40	16
E	10	35	30
F	20	40	30

Cuadro 2.1 Datos caso 1 Input y 2 Outputs

Ahora bien, pueden considerarse dos Índices: Venta de café por empleado (y_1/x) y Órdenes de compra de café por empleado (y_2/x). Los resultados serían:

Fincas (Unidad)	Venta de toneladas de café por empleado (y_1/x)	Órdenes de compras de café por empleado (y_2/x)
A	1.5	4
B	2	3
C	1.5	3
D	2.5	1
E	3.5	3
F	2	1.5

Cuadro 2.2 Output obtenido por unidad de Input consumida

Como se puede ver, la finca E es el que obtiene el mayor rendimiento en lo referente a las ventas de toneladas de café por empleado pero no en lo relativo a órdenes de compra de café en la finca por empleado. En éste último caso, el mejor desempeño le corresponde a la finca A.

Veámoslo gráficamente:

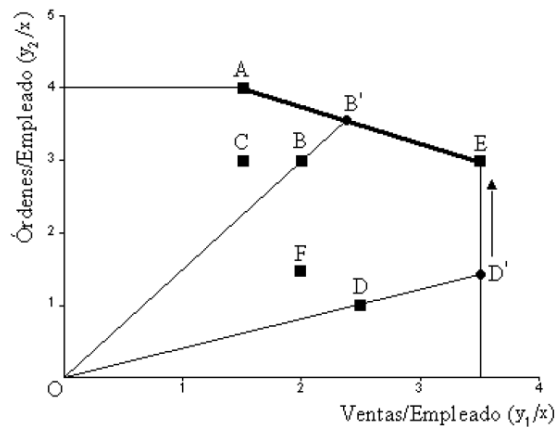


Figura 2.5 Eficiencia de Fincas en base a sus Outputs

La finca A es la más eficiente en la obtención del Output y_2 , en tanto que la finca E lo es en el Output y_1 .

El segmento que une las fincas A y E, y que representa los puntos alcanzables, constituye la “frontera eficiente”. Ninguna finca situada sobre la frontera eficiente puede, dado el nivel de Inputs (número de empleados), mejorar uno de sus Outputs sin empeorar el otro.

Las fincas A y E son eficientes técnicamente, es decir: $ET_A = 1$ y $ET_E = 1$

Las fincas (Unidades) que permaneces por debajo de la frontera eficiente son calificadas como fincas (Unidades) ineficientes técnicamente. La puntuación de eficiencia (relativa) de éstas puede obtenerse como la relación entre la longitud de

la línea desde el origen hasta la Unidad considerada y la longitud de la línea que une el origen con el punto proyectado sobre la frontera eficiente. Para el caso de la finca B se tendría:

Eficiencia técnica finca B:
$$ET_B = \frac{OB}{OB'}$$

Es decir, la eficiencia técnica de la finca B es el cociente entre la distancia del punto O al punto B y la distancia del punto O al punto B'. Así, para calcular la eficiencia de B es necesario conocer las coordenadas del punto B', que se corresponderá con la intersección entre la recta que pasa por los puntos A y E y la recta que pasa por los puntos O y B.

Recta que pasa por los puntos A y E: $y = 4.75 - 0.5x$

Recta que pasa por los puntos O y B: $y = 1.5x$

Por lo que las coordenadas de B' serán (2,375 ; 3,562.5) y la eficiencia técnica de B:

$$ETB = \frac{OB}{OB'} = \frac{d(O, B)}{d(O, B')} = 0.8421$$

La eficiencia de la finca B es del 84.21% o bien, la ineficiencia es del 15.79%; lo que equivale a decir que la finca B, para ser eficiente debería incrementar, dado su número de empleados, un 15.79% las ventas de café y las órdenes de compra de café.

De forma análoga, las puntuaciones de eficiencia técnica (relativa) de las demás fincas serían las siguientes:

Finca (Unidad)	Eficiencia Técnica (relativa) en %
A	100
B	84.21
C	78.95
D	71.43
E	100
F	57.14

Cuadro 2.3 Eficiencia Técnica por finca

Cabe señalar que la finca D, para llegar a convertirse en eficiente, debería incrementar sus niveles de Output un 28.57%, dado que su eficiencia técnica es de 71.43%; sin embargo, aún podría incrementar de forma adicional el número de órdenes de compra (Output y_2) en 25.6 órdenes aproximadamente. Esto es lo que se le llama “Valor de Holgura”.

2.3.3. Caso de dos Inputs y un Output

Para el caso de un conjunto de n Unidades que tiene, a partir de dos Inputs (x_1 , x_2), un único Output (y). De forma similar, pero ahora para cada Unidad puede considerarse el Input consumido por unidad de Output, es decir, los cocientes:

$$\frac{x_1}{y}, \frac{x_2}{y}$$

Si evaluamos nuevamente la eficiencia de las fincas cafetaleras, pero ahora considerando las variables:

Inputs: Número de empleados (x_1) y Capital aproximado a través de la amortización (x_2)

Output: Importe de las ventas netas (y)

La información de las fincas es la siguiente:

Finca (Unidad)	Número de empleados (x_1)	Capital (x_2)	Ventas netas (y)
A	10	7.5	15
B	14	15	20
C	16	11.2	16
D	16	12.5	25
E	10	18	30
F	20	7	28

Cuadro 2.4 Datos Fincas dos Inputs y un Output

Se podrían considerar los índices: Número de empleados/Ventas netas (x_1/y) y Capital/Ventas netas (x_2/y), teniendo los siguientes resultados:

Finca (Unidad)	Empleados/Venta neta (x_1/y)	Capital/Venta neta (x_2/y)
A	0.667	0.5
B	0.7	0.75
C	1	0.7
D	0.64	0.5
E	0.333	0.6
F	0.7143	0.25

Cuadro 2.5 Resultados Fincas dos Inputs y un Output

Como podemos ver, la finca E es la que menos empleados utiliza para obtener una unidad de Output, en tanto que la finca F es la que utiliza la menor cantidad de Capital. Por lo que las fincas E y F serán las calificadas como ineficientes.

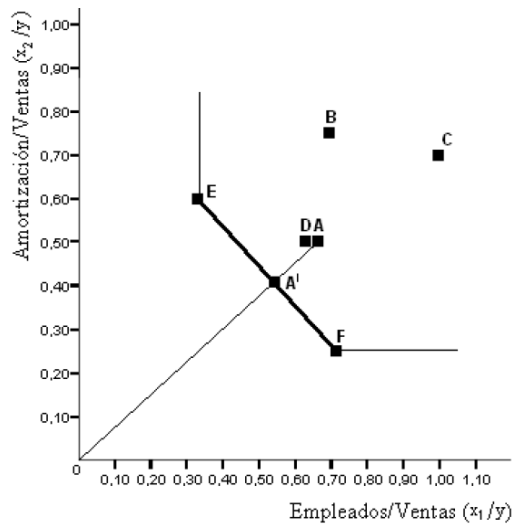


Figura 2.6 Dos Inputs y un Output

La frontera eficiente será el segmento EF. Ninguna Unidad situada sobre la frontera eficiente puede disminuir el consumo de uno de sus Inputs sin incrementar el del otro. La frontera de posibilidades de producción estará constituida por la frontera eficiente y las prolongaciones paralelas a los ejes.

Todas las fincas situadas por encima de la frontera serán calificadas como fincas ineficientes (técnicamente), siendo éstas envueltas por la frontera eficiente.

Podemos ver que las fincas E y F son eficientes ($ET_E = 1$; $ET_F = 1$) para el cálculo de las demás fincas, será calculado de la siguiente forma:

Tomando el caso de la primera finca (A), su eficiencia técnica será:

$$ET_A = \frac{OA'}{OA} = \frac{d(O, A')}{d(O, A)}$$

Las coordenadas de A' serán las de la intersección entre la recta que pasa por E y F y la recta que pasa por los puntos O y A.

Recta que pasa por los puntos E y F: $y = 1-x$

Recta que pasa por los puntos O y A: $y = 0.5x$

Por lo tanto, las coordenadas de A' son: (1/1.5 ; 0.5/1.5). Por lo tanto:

$$ET_A = \frac{d(O, A')}{d(O, A)} = 0.667$$

Es decir, para llegar a ser eficiente, a finca A debería reducir dado su valor de ventas netas, el consumo de factores productivos alrededor de un 33.33%.

De igual forma se obtuvieron las puntuaciones de eficiencia técnica (relativa) las demás fincas:

Finca (Unidad)	Eficiencia Técnica (relativa) en %
A	66.67
B	68.97
C	58.82
D	90.91
E	100
F	100

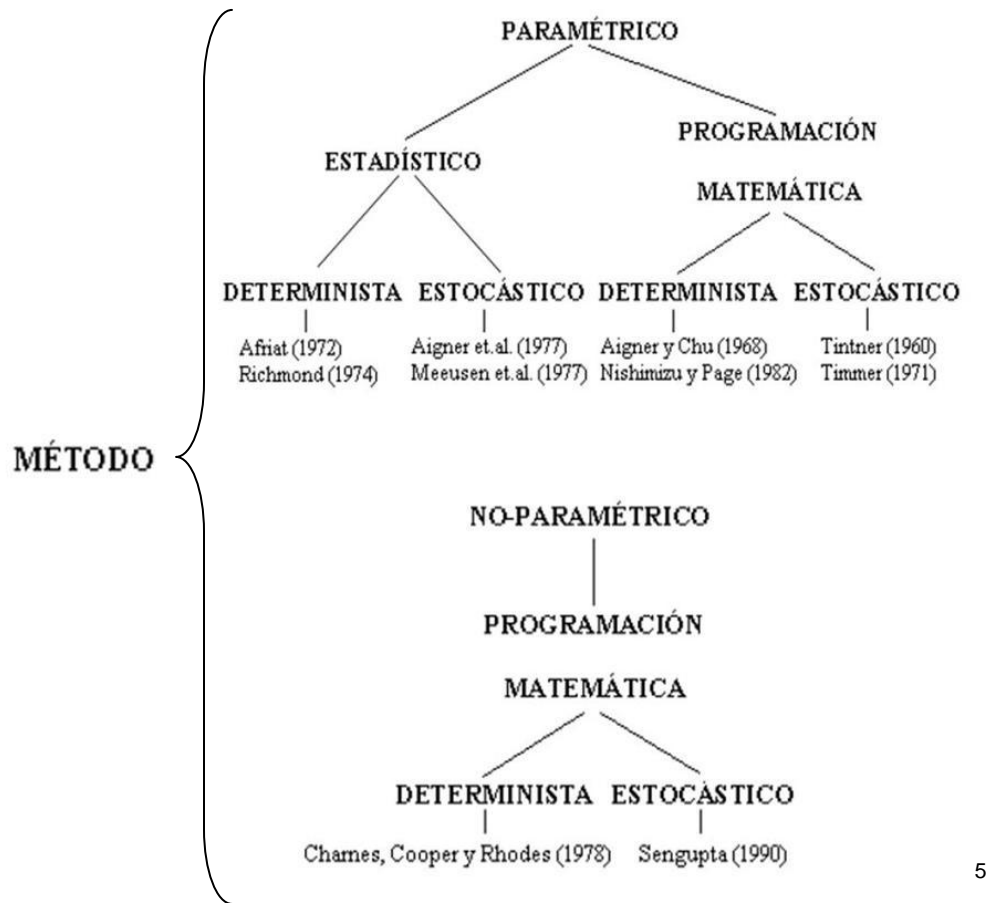
Cuadro 2.6 Eficiencia Técnica dos Inputs y un Output

2.4. Análisis Envolvente de datos (DEA)

Farell supuso que la frontera de producción era conocida; sin embargo, en la práctica no es así y resulta necesario estimarla.

Los métodos de estimación para construir la frontera de producción pueden clasificarse en métodos paramétricos o no-paramétricos, dependiendo de que se requiera o no especificar una forma funcional que relacione los Inputs con los Outputs. También pueden emplearse métodos estadísticos o no para estimar la frontera, que en última instancia se puede especificar como estocástica (aleatoria) o determinista.

En el siguiente diagrama de árbol se puede ver una estructura, señalando los principales métodos para estimar la frontera eficiente y sus precursores:



Cabe señalar que el Análisis de Datos Envloventes (DEA) es una técnica no-paramétrica, determinista que recurre a la programación matemática.

2.5. La Técnica DEA

Para los tres casos anteriores, el análisis debe ser extendido para tener en cuenta situaciones mucho más realistas, ya que las fincas como objeto de análisis, producirán varios Outputs a partir de varios Inputs. Cabe señalar que la sección de las variables Input y Output es una cuestión de vital importancia a la hora de evaluar la eficiencia de un conjunto de Unidades, en este caso fincas de café.

⁵ Allí, A. I. 1994. Computational Aspects of DEA in Carnes, A.; Cooper, W.W.; Lewin, A.Y. y Sieford, L.M. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications. Kluwer Academic Publishers, Boston

Es por eso que decidir qué Inputs y Outputs son considerados en el análisis no es algo simple.

La metodología DEA surge a raíz de la tesis doctoral de Rhodes en 1978 la cual puede considerarse como una extensión del trabajo de Farrell en 1957. Básicamente, DEA es una técnica de programación matemática que permite la construcción de una superficie envolvente, frontera eficiente o función de producción empírica, a partir de los datos disponibles del conjunto de Unidades (fincas) objeto de estudio⁶, de forma que las Fincas que determinan la envolvente son denominadas Unidades eficientes y aquellas que no pertenecen sobre la misma son consideradas Unidades ineficientes. Ésta técnica DEA permite la evaluación de la eficiencia relativa de cada una de las Unidades.

En un principio los modelos DEA fueron empleados para evaluar la eficiencia relativa de organizaciones sin fines de lucro, con el tiempo y dada la naturaleza interdisciplinar de la metodología DEA, su uso se extendió al análisis del rendimiento en organizaciones lucrativas. Las aplicaciones de éste método son varias: sector bancario, seguros, educación, hospitales, policía, industria, agricultura, turismo, etc.

Debemos saber que la medida de la eficiencia de una Unidad mediante la técnica DEA implica dos pasos básicos:

1. La construcción del conjunto de posibilidades de producción
2. La estimación de la máxima expansión factible del Output o de la máxima contracción de los Inputs de la Unidad dentro del conjunto de posibilidades de producción.

Ahora, lo que nos va a interesar será el determinar, a partir de los datos observados, el conjunto de procesos productivos que se consideran factibles. El

⁶ Färe, R.; Grosskopf, S.; Norris, M. y Zhang, Z. 1994. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. American Economic Review

conjunto de posibilidades de producción puede definirse como el conjunto de procesos productivos tecnológicamente factibles. Puesto que la tecnología no es conocida, la construcción del conjunto de posibilidades de producción (CPP) se realizará a partir de las combinaciones Input-Output observadas, estableciendo supuestos.

Suponiendo un proceso productivo para la finca que emplea niveles de Inputs $x \in \mathbb{R}_+^m$ para producir niveles Output $y \in \mathbb{R}_+^s$.

Las características de $P = \{ (x,y) \mid x \in \mathbb{R}_+^m \text{ puede producir } y \in \mathbb{R}_+^s \}$, conjunto de procesos productivos que definen el CPP, son:

3. Es tecnológicamente posible no producir nada, $(0,0) \in P$.
4. Convexidad: si dos procesos productivos pertenecen al CPP, todas sus combinaciones lineales convexas también pertenecen al CPP. Es decir, si $(x,y), (x',y') \in P$ entonces $\alpha(x,y) + (1-\alpha)(x',y') \in P$.
5. Eliminación gratuita de Inputs: una Unidad productiva es capaz de producir la misma cantidad de Output utilizando una cantidad mayor de cualquier Input. Es decir, es posible desechar el exceso de Inputs a costo cero: si $(x,y) \in P$, $x' \geq x$ entonces $(x',y) \in P$. otra versión dice que es posible mantener el nivel de producción, siempre que se produce un incremento equiproporcional en la cantidad empleada de todos los Inputs: si $(x,y) \in P$ entonces $(\alpha x, y) \in P$, $\alpha \geq 1$.
6. Eliminación gratuita de Outputs: es posible producir una cantidad menor de cualquier Output utilizando las mismas cantidades de Inputs. Si $(x,y) \in P$, $y' \leq y$ entonces $(x,y') \in P$.

7. Rendimientos constantes a escala: es posible reescalar la actividad de cualquier proceso productivo perteneciente a P. es decir, si $(x,y) \in P$ entonces $(\alpha x, \alpha y) \in P$, para todo $\alpha \geq 0$.

Los supuestos 3 y 4 equivalen a decir que la producción ineficiente es posible.

2.6. Modelo DEA – CCR

Se le llama así por haber sido desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978. Éste modelo proporciona medidas de eficiencia radiales, Input u Output orientadas y supone convexidad, fuerte eliminación gratuita de Inputs y Outputs y rendimientos constantes a escala.

El modelo DEA – CCR se puede escribir de tres formas distintas: fraccional (cociente), multiplicativa y envolvente.

2.6.1. Modelo DEA – CCR en forma fraccional

En DEA, la eficiencia técnica (relativa) de cada una de las Unidades o fincas se define como el cociente entre la suma ponderada de los Outputs ($\sum u_r y_{r0}$) y la suma ponderada de los Inputs ($\sum v_i x_{i0}$).

El modelo DEA – CCR Input orientado expresado en términos de cociente sería:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} \quad & h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \\ \text{Sujeto a:} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & u_r, v_i \geq 0 \end{aligned}$$

Dónde:

1. Se consideran n Unidades ($j = 1, 2, \dots, n$), cada una de las cuales utilizan los mismos Inputs (en diferentes cantidades) para obtener los mismos Outputs (en diferentes cantidades).
2. X_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) representa las cantidades de Input i ($i = 1, 2, \dots, m$) consumidos por la j -ésima Unidad.
3. X_{i0} representa la cantidad de Input i consumido por la Unidad que es evaluada.
4. y_{rj} ($y_{rj} \geq 0$) representa las cantidades observadas de Output r ($r = 1, 2, \dots, s$) producidos por la j -ésima Unidad.
5. y_{r0} representa la cantidad de Output obtenido por la Unidad que es evaluada.
6. u_r ($r = 1, 2, \dots, s$) y v_i ($i = 1, 2, \dots, m$) representan los precios (o multiplicadores) de los Outputs e Inputs respectivamente.

Entonces, el modelo anterior de un problema no lineal, pretende obtener el conjunto óptimo de pesos (o multiplicadores) $\{u_r\}$ y $\{v_i\}$ que maximicen la eficiencia relativa, h_0 , de la Unidad₀ definida como el cociente entre la suma ponderada de Outputs y la suma ponderada de Inputs, sujeto a la restricción de que ninguna Unidad puede tener una puntuación de eficiencia mayor que uno usando estos mismos pesos. Evidentemente, los pesos serán diferentes entre las distintas Unidades.

Si la solución óptima es $h_0^* = 1$ esto indicará que la Unidad que está siendo evaluada es eficiente en relación con las otras Unidades. Si $h_0^* < 1$, la Unidad será ineficiente. En este caso, las Unidades con los mismos pesos u_r y v_i asignados a la Unidad ineficiente que está siendo evaluada resulten ser

eficientes se denominan *peers*⁷. Estos peers constituyen el denominado conjunto de referencia eficiente de la Unidad ineficiente, es decir, constituyen la referencia para la mejora de la Unidad ineficiente.

En 1979, Charnes, Cooper y Rhodes sustituyen la condición de no-negatividad ($u_r, v_i \geq 0$) del modelo fraccional por la condición de positividad estricta ($u_r, v_i \geq \varepsilon$), donde ε es un infinitésimo no-arquimedeo. El motivo es el evitar que una Unidad a pesar de presentar $h_0^* = 1$, sea incorrectamente caracterizada como eficiente al obtener en la solución óptima algún peso u_r , y/o v_i el valor cero siendo, en consecuencia, el correspondiente Input y/u Output obviado en la determinación de la eficiencia. El modelo fraccional quedará de la siguiente forma:

$$\text{Max}_{u,v} \quad h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon$$

En cuanto a los pesos óptimos (u_r^* y v_i^*), debe tenerse en cuenta que los valores de éstos diferirán en una Unidad a otra, puesto que el modelo anterior debe ser resuelto para cada una de las n Unidades, cada una de las cuales busca los mejores pesos que maximicen su eficiencia.

⁷ En su terminología inglesa, *peers* significa “pares” para el uso de éste tipo de metodologías y estudios.

Sin embargo, un inconveniente que plantea el problema del modelo anterior es que genera un número infinito de soluciones óptimas. Si (u_r^*, v_i^*) es óptimo entonces $(\beta u_r^*, \beta v_i^*)$ también es óptimo para $\beta > 0$.

Ahora bien, bajo este modelo vamos a evaluar la eficiencia (técnica o productiva) de 6 fincas cafetaleras de donde tenemos información relativa a 2 Inputs (x_1 = Número de empleados y x_2 = depreciación de maquinaria como variable relacionada al capital) y 2 Outputs (y_1 = Número de toneladas vendidas de café y y_2 = Número de órdenes de compra de café. Los valores son los siguientes:

		Fincas (Unidades)					
		A	B	C	D	E	F
Inputs	x1	8	11	14	12	11	18
	x2	8	15	12	13	18	20
Outputs	y1	14	25	8	25	40	24
	y2	20	42	30	8	22	30

Cuadro 2.7 Datos fincas 2009

De acuerdo con la forma fraccional del modelo DEA – CCR, la eficiencia de la finca A estaría dada según el modelo de positividad estricta de la siguiente forma:

$$\text{Max}_{u,v} \quad h_A = \frac{u_1 y_{1A} + u_2 y_{2A}}{v_1 x_{1A} + v_2 x_{2A}}$$

$$\text{Sujeto a:} \quad \frac{u_1 y_{1A} + u_2 y_{2A}}{v_1 x_{1A} + v_2 x_{2A}} \leq 1 \quad \frac{u_1 y_{1D} + u_2 y_{2D}}{v_1 x_{1D} + v_2 x_{2D}} \leq 1$$

$$\frac{u_1 y_{1B} + u_2 y_{2B}}{v_1 x_{1B} + v_2 x_{2B}} \leq 1 \quad \frac{u_1 y_{1E} + u_2 y_{2E}}{v_1 x_{1E} + v_2 x_{2E}} \leq 1$$

$$\frac{u_1 y_{1C} + u_2 y_{2C}}{v_1 x_{1C} + v_2 x_{2C}} \leq 1 \quad \frac{u_1 y_{1F} + u_2 y_{2F}}{v_1 x_{1F} + v_2 x_{2F}} \leq 1$$

$$u_1, u_2, v_1, v_2 \geq \varepsilon$$

Sustituyendo tenemos que:

$$\text{Max}_{u,v} \quad h_A = \frac{14u_1 + 20u_2}{8v_1 + 8v_2}$$

$$\text{Sujeto a:} \quad \frac{14u_1 + 20u_2}{8v_1 + 8v_2} \leq 1 \quad \frac{25u_1 + 8u_2}{12v_1 + 13v_2} \leq 1$$

$$\frac{25u_1 + 42u_2}{11v_1 + 15v_2} \leq 1 \quad \frac{40u_1 + 22u_2}{11v_1 + 18v_2} \leq 1$$

$$\frac{8u_1 + 30u_2}{14v_1 + 12v_2} \leq 1 \quad \frac{24u_1 + 30u_2}{18v_1 + 20v_2} \leq 1$$

$$u_1, u_2, v_1, v_2 \geq \varepsilon$$

III. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ

3.1. Orígenes del Café

Botánicamente se sabe que el café es originario de la provincia de Kaffa, en Etiopía, país situado en el este de África; sin embargo, la historia se ha distorsionado entre leyendas.

La más fuerte y aceptada de las leyendas acerca del descubrimiento del café y la bebida del café es la que hace referencia a un pastor llamado Kaldi por el año 300 d. C.. La leyenda dice que Kaldi se dio cuenta del extraño comportamiento de sus cabras después de que habían comido la fruta y las hojas de cierto arbusto, quienes llegada la noche, parecían no estar dispuestas a dormir⁸. El arbusto del que Kaldi pensó que sus cabras habían comido las frutas tenía como frutas parecidas a las cerezas. Entonces Kaldi decidió probar las hojas del arbusto y un rato después se sintió lleno de energía.

Kaldi después llevó algunos frutos y ramas de ese arbusto a un monasterio. Allí le contó al Abad la historia de las cabras y de como se había sentido después de haber comido las hojas. El Abad decidió cocinar las ramas y las cerezas; el resultado fue una bebida muy amarga que él tiró de inmediato al fuego. Cuando las cerezas cayeron en las brazas empezaron a hervir, las arvejas verdes que tenían en su interior produjeron un delicioso aroma que hicieron que el Abad pensara en hacer una bebida basada en el café tostado, y es así como la bebida del café nace.



⁸ Revista: Cafés de México, agosto 2009.

3.2. La importancia del Café en México

A nivel mundial, México ocupa el quinto lugar como país productor después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam, con un volumen de producción que oscila entre los 4 a 5 millones de sacos por año. México a pesar de ser uno de los países que más produce café, tiene uno de los consumos más bajos (700 gramos per cápita), esto probablemente por la falta de difusión para incrementar el consumo, la carencia de cultura de café de los mexicanos y los tabús que existen alrededor del café en el aspecto de salud.

Los tipos de café producidos en México, de acuerdo a su clasificación son: Altura, Prima Lavado, Lavados, Naturales, siendo las principales variedades Arábica y Robusta.

El cafeto está clasificado como del reino vegetal, subreino semi pétalos o metaclamidias, orden rubiales, familia: rubiásea, género: coffea, especie: arábica y robusta.

El clima más favorable para el cultivo del café se localiza entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio. Las plantaciones de café que se encuentran dentro de esta franja proporcionan las mejores calidades y las que están fuera son marginales para el cultivo. Dentro de la franja las zonas adecuadas para el cultivo están determinadas por el clima, suelo, y altitud. El cafeto necesita temperaturas favorables en promedio de 20 ° C. y precipitaciones pluviales de 2500 mm.

En México el café se cultiva en 12 estados: Chiapas, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Colima, Jalisco, Querétaro, Tabasco⁹.

⁹ Unión Nacional de Productores de Café y la Confederación Nacional Campesina, 2009.

La época de recolección del café inicia en el mes de septiembre y concluye en el mes de marzo del siguiente año.

El café ocupa el primer lugar como producto agrícola generador de divisas y empleos en el medio rural. Por las características del cultivo emplea para sus labores de limpia, cosecha y beneficiado del grano a tanto a mujeres, hombres y niños que conforman toda la familia.

Para obtener la calidad del café, la altura adecuada para la siembra es de 600 metros sobre el nivel del mar hasta 1,400 metros sobre el nivel del mar produciéndose los mejores cafés del mundo, en México se produce café de calidad comparable con el café de Colombia.

El sistema de plantaciones de café en nuestro país es bajo sombra, permitiendo conservar el medio ambiente, la flora y fauna, mantos acuíferos, captación de carbono y además de regalar una vista maravillosa a diversos tonos de colores y el verde brillante de sus hojas.



A finales de los 80's los cultivadores de café decidieron desarrollar el café orgánico, que aparte de conservar el equilibrio ecológico de los suelos, se encuentra libre de químicos y contaminantes, y el aprovechamiento de los desechos agrícolas a través del reciclaje y elaboración de composta, y que se

comercializa en los mercados más exigentes de Estados Unidos, Canadá y Europa con un sobre precio.

3.3. El Café de Veracruz

Desde su inicio en nuestro continente, en 1714 se trajeron las primeras semillas a América, a lo que hoy se llama Surinam. Españoles y franceses fueron quienes lo trajeron a nuestro país y de allí se extendió a fines del siglo XVIII al continente.

A México el café llegó desde las Antillas y los primeros cafetales fueron sembrados en Acayucan, Veracruz. Don Antonio Gómez de Guevara es a quién se le otorgó el mérito de haber sido el introductor del café en la zona de Córdoba, mediante ejemplares traídos de Cuba y plantados en su Hacienda de Guadalupe, Municipio de Amatlán del Cantón de Córdoba. Desafortunadamente el cultivo del café no prosperó debido a la Guerra de Independencia.

De acuerdo a datos publicados en Comercio Exterior de México, por Don Miguel Lerdo de Tejada¹⁰ en los años de 1802, 1803 y 1805, se exportaba café en proporciones de 272, 483 y 336 quintales, respectivamente, este café era originario de Córdoba, Veracruz.

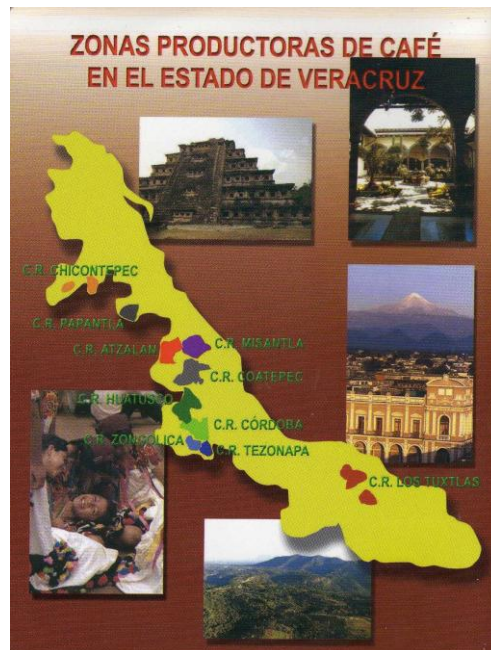
Hacia 1830, se había empezado a sembrar café pero sin mayor entusiasmo debido a que el tabaco era considerado una mejor inversión, sin embargo la competencia tabacalera de Los Tuxtlas, hizo que se incrementara el desarrollo de los cafetales en la zona de Amatlán.

¹⁰ Sistema Producto Café. www.spcafe.org.mx

En 1870, los capitales de los propietarios de tierras levantaron grandes haciendas como Zimpizahua, Las Ánimas, La Orduña, etc., donde el trabajo asalariado de muchos campesinos desarrollo la producción cafetalera.

Hacia 1880, para promover la exportación del café de Córdoba, Veracruz, la sociedad de obreros del campo con el apoyo del ministerio de fomento, enviaba muestras a Hamburgo, el cual era café reconocido de excelente calidad equiparándolo con los mejores cafés del mundo.

Por sus características climáticas y geográficas, Veracruz es uno de los principales lugares en nuestra república donde el café se cultiva de forma natural. La zona cafetalera de dicho estado está ubicado en la parte centro del mismo, abarcando principalmente las zonas de Misantla, Coatepec, Córdoba, Atzalán, entre otras.



Las fincas con las que se ha trabajado, están en esta misma zona, teniendo una alta calidad en su producción de café arábigo, catalogadas con café de altura. Éstas son:

- Finca Kasandra, S.A. DE C.V., Córdoba, Veracruz
- Finca El Xuchitl, S.P.R. DE R.L., Yecuatla, Veracruz
- Finca Phasa, S.C. DE R.L., Huatusco Veracruz
- Finca Don Marco, S.P.R. DE R.L., Coatepec, Veracruz
- Finca Casa Blanca, S.P.R. DE R.L., Coatepec, Veracruz
- Finca Jocutla, S.P.R. DE R.L., Coatepec, Veracruz

IV. METODOLOGÍA

4.1. El Índice de Productividad de Malmquist

La medición del cambio productivo y tecnológico a lo largo del tiempo se aborda mediante la definición del denominado Índice de Productividad de Malmquist (IPM). Distintas aproximaciones han sido propuestas a la hora de descomponer el índice de Malmquist; la más popular es la descomposición del IPM de Färe, Grosskopf, Lindgern y Roos en 1989 y 1992, respecto a cambio de eficiencia y cambio técnica, así como la descomposición de Färe, Grosskopf, Norris y Zhang en 1994 del primer componente, cambio eficiencia, en cambio eficiencia técnica pura y cambio eficiencia escala¹¹.

Supóngase dos Unidades (A y B) que obtienen, en dos periodos diferentes t y $t+1$, un único Output y a partir de un único Input x . La frontera de mejor práctica definida bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala no varían entre los periodos t y $t+1$; es decir, no existe avance tecnológico entre ambos periodos. La frontera eficiente esta determinada por la Unidad B.

¹¹ Färe, R.; S. Grosskopf; B. Lindgren y P. Roos. 1994. Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist output index approach. Dordrecht, Klumer Academic Publishers, Holanda.

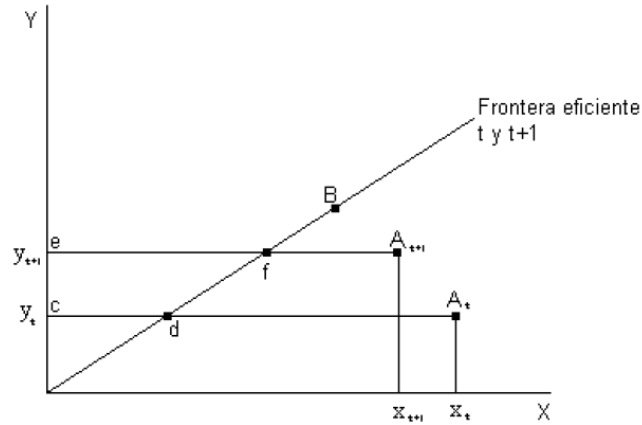


Figura 4.1 Frontera eficiente periodos t y t+1 (no progreso tecnológico)

La productividad puede definirse como la cantidad de producción obtenida por unidad de factores de producción usados para obtenerla.

Dado que se ha supuesto que la frontera eficiente no se desplaza entre el periodo t y t+1, la ganancia o pérdida de productividad de una Unidad será el resultado de la ganancia o pérdida de eficiencia técnica de dicha Unidad en el tiempo. Así, el cambio productivo (CP) de las Unidades A y B entre el periodo t y t+1 será:

$$CP_A = \frac{P_{A,t+1}}{P_{A,t}} = \frac{y_{A,t+1}/x_{A,t+1}}{y_{A,t}/x_{A,t}} = \frac{ET_{A,t+1}}{ET_{A,t}} = \frac{ef/cd}{eA_t/cA_t}$$

$$CP_B = \frac{P_{B,t+1}}{P_{B,t}} = \frac{ET_{B,t+1}}{ET_{B,t}}$$

Donde:

$P_{A,t}$ es la productividad de la Unidad A en el periodo t

$y_{A,t}$ es el valor del Output de la Unidad A en el periodo t

$x_{A,t}$ es el valor del Input de la unidad en el periodo t

$ET_{A,t}$ indica la eficiencia técnica (global) de la unidad A en el periodo t

Si $CP > 1$, la unidad que está siendo evaluada ha experimentado una mejora en su productividad, se encuentra más cerca de la frontera de mejor práctica en el periodo t+1 de lo que lo estaba en el periodo t ($ET_{t+1} > ET_t$), como sucede con la Unidad A; lo contrario sucedería en el caso de obtener un $CP < 1$; mientras que si la Unidad no ha variado su posición relativa con respecto a la frontera se obtendrá que $CP = 1$, lo que indicará que se ha producido cambio productivo en dicha Unidad.

El cociente entre la eficiencia técnica de una Unidad cualquiera en el periodo t+1 y t es una medida del cambio productivo experimentado. Sin embargo, podemos realizar la evaluación de eficiencia tomando como referencia la tecnología del periodo t o bien la del periodo t+1.

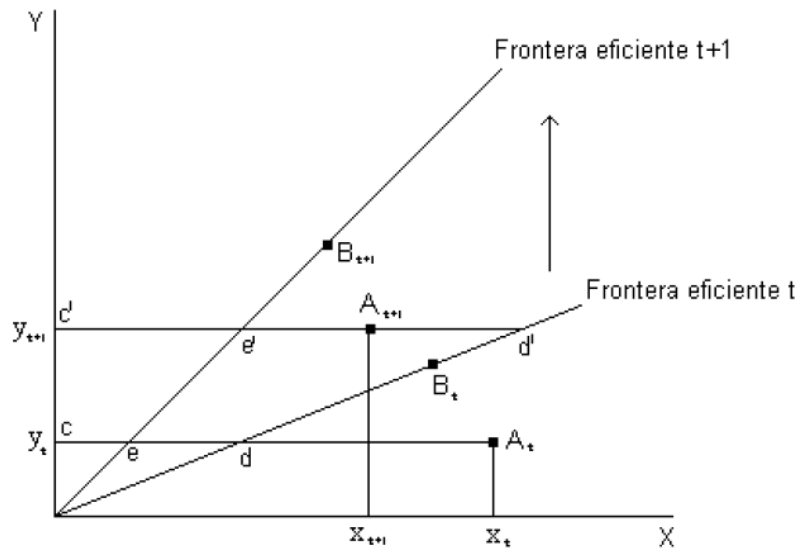


Figura 4.2 Frontera eficiente t y t+1

En este caso, el cambio productivo de la Unidad A, tomando como referencia la tecnología del periodo t (CP_A^t) será:

$$CP_A^t = \frac{E_{A,t+1}^t}{E_{A,t}^t} = \frac{c'd'/cA_{t+1}}{cd/cA_t}$$

Donde:

$E_{A,t}^t$ es la eficiencia técnica de la Unidad A en el periodo t respecto a la frontera eficiente del mismo periodo.

$E_{A,t+1}^t$ es la eficiencia técnica de la Unidad A en el periodo t+1 respecto a la frontera en t. Ahora, $E_{A,t+1}^t$ puede ser mayor que 1.

El resultado que se obtenga de la ecuación anterior, es precisamente el Índice de productividad de Malmquist Input orientado, basado en la tecnología de referencia en t en términos de funciones distancia.

Es importante mencionar que las fincas k y l pueden representar la misma finca en dos periodos de tiempo diferentes o dos fincas diferentes tanto en el mismo periodo de tiempo como en diferentes periodos; además las fincas operan sobre la frontera de producción, no permitiendo ineficiencias técnicas. Por tanto, la distancia de una Unidad en un periodo t respecto a la frontera de dicho periodo es igual a la unidad, es decir:

$$D^t(x_t, y_t) = 1 \quad \text{y} \quad D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) = 1$$

De esta forma, la única fuente del crecimiento de la productividad es el cambio tecnológico.

El índice de productividad de Malmquist Input orientado definido por Caves, Christensen y Diewert en 1982, tomando como referencia la tecnología del periodo t (IPM_{CCD}^t) puede escribirse de la siguiente manera:

$$IPM_{CCD}^t = \frac{D^t_I(X_t, Y_t)}{D^t_I(X_{t+1}, Y_{t+1})}$$

Donde:

$D^t_I(x_t, y_t)$ representa la distancia Input de una Unidad en el periodo t respecto a la frontera eficiente en dicho periodo y determina la máxima reducción que debería llevarse a cabo en el nivel de Inputs de la Unidad en el periodo t, dado el nivel de Outputs, para situar a ésta sobre la frontera eficiente definida en el periodo t. entonces, $D^t_I(x_t, y_t)$ puede definirse como:

$$D^t_I(x_t, y_t) = \text{Sup} [\theta^t : (x_t/\theta^t, y_t) \in L(x_t)]$$

$$D^t_I(x_t, y_t) = \text{Inf} [\theta^t : (x_t\theta^t, y_t) \in L(x_t)]^{-1}$$

$L(x_t) = [(x_t, y_t) : x_t \text{ puede producir } y_t]$, es decir, $L(x_t)$ es el conjunto de posibilidades de producción.

$D^t_I(x_t, y_t)$ puede tomar valores mayores o iguales a la unidad. Así, si en el periodo t la Unidad considerada es técnicamente eficiente, está situada sobre la frontera $D^t_I(x_t, y_t) = 1$, en tanto que si es técnicamente ineficiente entonces $D^t_I(x_t, y_t) > 1$.

De igual forma, $D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})$, representa la distancia Input de una Unidad en el periodo t+1 respecto a la frontera eficiente del periodo t, y mide el ajuste proporcional que debería realizarse sobre el vector de Inputs observado para la Unidad en el periodo t+1, dado el nivel de Outputs, a fin de situar a dicha Unidad sobre la frontera eficiente del periodo t.

La única diferencia que ocurre con $D^t_I(x_t, y_t)$, es que la función distancia $D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})$ puede tomar valores inferiores a la unidad.

Si $IPM_{CCD}^t > 1$ entonces $D^t_I(x_t, y_t) > D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})$, es decir, la reducción que hay que efectuar en el nivel de Inputs de una Unidad en el periodo t para situarla sobre la frontera eficiente en t es mayor que el ajuste (reducción o expansión) que sería necesaria efectuar sobre los Inputs de esa misma Unidad en el periodo t+1 para

situarla sobre la frontera eficiente en t, por lo tanto, se observa en la Unidad evaluada un incremento de productividad entre el periodo t y t+1. La situación contraria sucede en el caso de que $IPM_{CCD}^t < 1$, no produciéndose cambio productivo alguno cuando $IPM_{CCD}^t = 1$.

4.1.1. La descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

Si en lugar de definir el Índice de productividad total de Malmquist Input orientado respecto a la tecnología del periodo t éste se define respecto a la tecnología del periodo t+1 se tiene:

$$IPM_{CCD}^{t+1} = \frac{D^{t+1}_I(X_t, Y_t)}{D^{t+1}_I(X_{t+1}, Y_{t+1})}$$

Para el caso de la Unidad A tendríamos:

$$CP_A^{t+1} = \frac{E^{t+1}_{A,t+1}}{E^{t+1}_{A,t}} = \frac{c'e'/cA_{t+1}}{ce/cA_t}$$

Teniendo en cuenta que la función distancia Input (u Output) es igual al recíproco de la medida de eficiencia técnica Input (o Output), se tiene que: $[D^t_I(x_t, y_t)]^{-1} = E^t_{A,t}$ y $[D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = E^t_{A,t+1}$; entonces, tenemos que:

$$IPM_{CCD}^t = \frac{D^t_I(x_t, y_t)}{D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})} = \frac{E^t_{A,t+1}}{E^t_{A,t}} = \frac{c'd'/cA_{t+1}}{cd/cA_t} = CP^t_A$$

Análogamente:

$$IPM_{CCD}^{t+1} = \frac{D^{t+1}_I(x_t, y_t)}{D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1})} = \frac{E^{t+1}_{A,t+1}}{E^{t+1}_{A,t}} = \frac{c'e'/cA_{t+1}}{ce/cA_t} = CP^{t+1}_A$$

La elección de la tecnología de referencia puede convertirse en una cuestión relevante en función del periodo y el tipo de sector estudiado; cuando el periodo que se analiza es corto o se pretende estudiar un sector con escaso cambio técnico, puede establecerse una tecnología fija como referencia para obtener el cambio productivo. Éste no podría ser un supuesto para estudiar un periodo largo de tiempo.

Para evitar la arbitrariedad en la elección de la tecnología de referencia, estos autores especifican un índice de productividad de Malmquist como media geométrica de los dos índices de productividad de Malmquist definidos por Caves, Christensen y Diewert en 1982.

El cambio productivo experimentado por una unidad entre el periodo t y el periodo t+1 medido por el índice de productividad total de Malmquist Input orientado puede obtenerse a partir de:

$$IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t) = \sqrt[2]{PM^t_{CCD} * IPM^{t+1}_{CCD}}$$

Sustituyendo cada índice, tenemos que:

$$IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t) = \left[\frac{D^t_I(x_t, y_t)}{D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})} * \frac{D^{t+1}_I(x_t, y_t)}{D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Se podría reescribir como:

$$IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t) = \frac{D^t_I(x_t, y_t)}{D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1})} * \left[\frac{D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})} * \frac{D^{t+1}_I(x_t, y_t)}{D^t_I(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

$$\frac{D^t_I(x_t, y_t)}{D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1})}$$

- Mide el cambio en la eficiencia técnica relativa entre los periodos t y t+1.

Este componente captura los cambios en el tiempo, es decir, es un efecto llamado “catching-up” de la eficiencia relativa, esto es, si la Unidad se está acercando o se está alejando de la frontera eficiente. Esta variación en el nivel de eficiencia sería resultado de la capacidad que tienen las empresas, en la gestión de su proceso productivo, para incorporar el progreso tecnológico.

- La media geométrica de los dos índices sería:

$$\left[\frac{D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^t_I(x_{t+1}, y_{t+1})} * \frac{D^{t+1}_I(x_t, y_t)}{D^t_I(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

Mide el cambio en la tecnología y el desplazamiento de la frontera tecnológica entre los periodos t y t+1. El índice del lado izquierdo mide el cambio en la tecnología (desplazamiento de la frontera) para la Unidad en t+1; mientras que el segundo índice (lado derecho) mide el cambio en la tecnología (desplazamiento de la frontera) para esa misma Unidad en t. Así, el cambio tecnológico es medido como la media geométrica de éstos dos cambios.

En consecuencia el crecimiento en productividad entre dos periodos t y t+1 es definido por éstos investigadores como el producto del cambio en eficiencia técnica y el cambio tecnológico.

El cambio en eficiencia técnica (CE) o catching-up, es:

$$\frac{D^t_I(x_t, y_t)}{D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1})} = \frac{E^{t+1}_{A,t+1}}{E^t_{A,t}} = \frac{c'e'/cA_{t+1}}{cd/cA_t}$$

Si éste índice toma un valor superior a la unidad indicará que la Unidad se ha acercado a la frontera tecnológica ($D^{t+1}_I(x_{t+1}, y_{t+1}) < D^t_I(x_t, y_t)$), es decir, ha mejorado su eficiencia técnica ($E^{t+1}_{A,t+1} > E^t_{A,t}$). si el cambio en eficiencia técnica

toma un valor inferior a la unidad significa que se ha producido un alejamiento respecto a la frontera o bien, ha empeorado la eficiencia técnica de la Unidad. Un cambio eficiencia técnica igual a 1 dirá que la Unidad ha mantenido su posición relativa respecto a la frontera tecnológica.

El cambio tecnológico (CT) es:

$$\left[\frac{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_I^t(x_{t+1}, y_{t+1})} * \frac{D_I^{t+1}(x_t, y_t)}{D_I^t(x_t, y_t)} \right]^{1/2} = \left[\frac{E_{A,t+1}^t}{E_{A,t+1}^{t+1}} * \frac{E_{A,t}^t}{E_{A,t}^{t+1}} \right]^{1/2} = \left[\frac{c'd'}{c'e} * \frac{cd}{ce} \right]^{1/2}$$

Un resultado mayor que 1 en éste componente del índice de productividad indicará una mejora del cambio técnico (progreso técnico) que será considerado como una evidencia de innovación. Por otro lado, un cambio tecnológico inferior a 1 significará que la industria ha registrado pérdida de productividad o de regreso técnico.

Si para una Unidad se observa entre el periodo t y t+1 una mejora productiva entonces el $IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1} ; x_t, y_t)$ será mayor que 1; en cambio, si dicha Unidad experimenta a lo largo del periodo una pérdida de productividad el $IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1} ; x_t, y_t)$ dará menor a 1; y si no se produce cambio productivo el $IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1} ; x_t, y_t)$ será la unidad. Debe de considerarse que los componentes de éste índice tanto el cambio en eficiencia técnica como el cambio tecnológico pueden evolucionar en direcciones opuestas, es decir, puede darse el caso de que al mismo tiempo se produzca una mejora de la eficiencia técnica (efecto catching up) y retroceso tecnológico.

4.1.2. Descomposición del Índice de Malmquist al considerar rendimientos variables a escala: propuesta de Färe, Grosskopf, Norris y Zhang

El resultado de esta descomposición es la descomposición del cambio eficiencia técnica en cambio eficiencia técnica pura, calculado en relación con la tecnología de rendimientos variables a escala y un componente residual que captura los cambios en la desviación entre la frontera tecnológica de rendimientos constantes y rendimientos variables a escala (cambio eficiencia escala).

Tras ésta descomposición, el cambio eficiencia técnica puede expresarse como:

$$\frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RCE}}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RCE}} = \frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RVE}}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RVE}} * \frac{\frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RCE}}{D_I^t(x_t, y_t)_{RVE}}}{\frac{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RCE}}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RVE}}}$$

Donde:

- Cambio Eficiencia, Cambio Eficiencia Técnica, (CE) es:

$$CE = \frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RCE}}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RCE}}$$

Si $CE > 1$ se ha producido una ganancia de eficiencia, la unidad evaluada se encuentra más cerca de la frontera tecnológica de rendimientos constantes en el periodo $t+1$ de lo que lo estaba en el periodo anterior. Lo contrario sucederá si $CE < 1$ no produciéndose cambio alguno en el supuesto de $CE = 1$.

- Cambio en eficiencia técnica pura (CETP) es:

$$CETP = \frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RVE}}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RVE}}$$

Si $CETP > 1$ la Unidad evaluada ha conseguido una ganancia en su eficiencia técnica pura, es decir, ha conseguido acercarse en el periodo $t+1$ a la frontera tecnológica de rendimientos variables a escala.

- Cambio en eficiencia escala (CEE) es:

$$CEE = \frac{\frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RCE}}{D_I^t(x_t, y_t)_{RVE}}}{\frac{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RCE}}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RVE}}}$$

La eficiencia escala en cada periodo es el cociente entre el valor de la función distancia que satisface rendimientos constantes y el valor de la función distancia que satisface rendimientos variables.

La obtención de un $CEE > 1$ significará un acercamiento a la escala más productiva, es decir, para la unidad evaluada, la distancia entre la frontera eficiente de rendimientos constantes a escala y la rendimientos variables se ha reducido en el periodo $t+1$ respecto al periodo t .

Por lo tanto, el Índice de Productividad total de Malmquist Input orientado de Färe, Grosskopf, Norris y Zhang, $IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t)$, está definido como:

$$IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t) = \left[\frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RVE}}{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{RVE}} * \frac{D_I^t(x_t, y_t)_{RCE}}{D_I^t(x_t, y_t)_{RVE}} \right] * \left[\frac{D_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_I^t(x_{t+1}, y_{t+1})} * \frac{D_I^{t+1}(x_t, y_t)}{D_I^t(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

Es decir:

$$IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t) = CE * CT = (CETP * CEE) * CT$$

Esto es, se producen ganancias de productividad a lo largo del periodo considerado cuando $IPM_{FGLR} > 1$ y pérdidas de productividad en el caso de $IPM_{FGLR} < 1$, no observándose cambio productivo cuando $IPM_{FGLR} = 1$.

Podemos decir que las fuentes de ganancias o pérdidas de productividad de una Unidad son el cambio eficiencia técnica y el progreso tecnológico. Comparados ambos, si el cambio en eficiencia es mayor que el cambio técnico, el avance en productividad será debido a las mejoras en la eficiencia, sucediendo lo contrario en el caso en que el progreso técnico obtenido supere a aquella.

En la siguiente figura, se muestra como ejemplo a 5 Unidades (A, B, C, D y E), que producen un único Output Y a partir de un único Input X, en dos periodos diferentes de tiempo t y t+1. Asimismo, se representan para ambos periodos, las fronteras eficientes, tanto bajo el supuesto de rendimientos constantes como variables a escala.

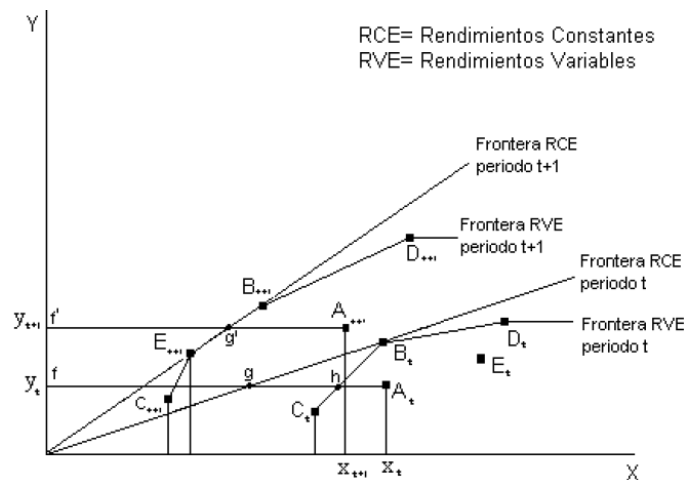


Figura 4.3 Frontera eficiente periodo t y t+1 (RCE y RVE)

4.2. Recopilación de la información

La selección de las seis fincas cafetaleras fue de forma estocástica dentro de las más representativas de la zona, de tal forma que los datos que se obtuvieron nos den una referencia de la población de las fincas de esa región. Ahora bien los datos fueron obtenidos a través de una entrevista directa con trabajadores (dueños y capataces), unas de ellas en las fincas directamente y otras en la Expo Café realizada en septiembre del 2009 en el Word Trade Center de la Ciudad de México, poco antes del comienzo de la temporada de cosecha de café.

4.3. Especificación de las variables del modelo

El caso real para el cálculo de productividad del Índice de Malmquist fue aplicado a seis fincas de la zona cafetalera del Estado de Veracruz. Las fincas fueron seleccionadas por ser las más representativas de la zona, tomando en cuenta su producción de café y su importancia que tiene para la población en cuanto a fuente de trabajo se refiere y al beneficio social que le deja a la zona.

Para facilitar el proceso de modelaje y los cálculos de minimización de las funciones especificadas en el programa de Excel a través de la función Solver, se hizo la sustitución del nombre de cada finca por las primeras letras del abecedario tomándolas en mayúsculas.

El orden en que fueron puestas es aleatorio, es decir, no se tomó ningún parámetro específico en su ordenamiento.

La información de cada finca se presenta en las siguientes tablas:

Para el año 2008:

Periodo t				
	x₁	x₂	y₁	y₂
A	6	8	12	16
B	6	14	24	40
C	14	12	10	25
D	12	12	20	10
E	12	18	30	18
F	20	20	25	25

Cuadro 4.1 Datos Fincas Periodo t

Para el año 2009:

Periodo t+1				
	x₁	x₂	y₁	y₂
A	8	8	14	20
B	11	15	25	42
C	14	12	8	30
D	12	13	25	8
E	11	18	40	22
F	18	20	24	30

Cuadro 4.2 Datos Fincas Periodo t+1

Donde:

A: Finca Kassandra, S.A. de C.V

B: Finca el Xuchitl, S.P.R. de R.L.

C: Finca Phasa, S.C. de R.L.

D: Finca Don Marcos, S.P.R. de R.L.

E: Finca Casa Blanca, S.P.R. de R.L.

F: Finca Jocutla, S.P.R. de R.L.

Inputs:

X₁: Mano de Obra – Número de empleados en temporada de cosecha de café (septiembre – marzo)

X₂: Capital – Costo de producción por kilogramo dado en pesos (de café cereza a verde)

Outputs:

Y₁: Ventas – quintales vendidos por semana

Y₂: Ventas – pedidos (demanda semanal)

4.4. Funciones distancia empleando DEA

Con la finalidad de determinar el Índice de Productividad total de Malmquist Input orientado, $IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1} ; x_t, y_t)$, es necesario calcular un total de cuatro funciones distancia Input que serán obtenidas mediante el modelo DEA-CCR en su forma envolvente, al suponer tecnología de rendimientos constantes a escala.

La forma de resolverlo es mediante la obtención de las funciones distancia Input implicadas en el $IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1} ; x_t, y_t)$:

$$1. \quad \mathbf{p}_I^t(x_t, y_t)_{-}^{-1} = E_{0,t}^t$$

Que es la medida de la eficiencia técnica de la Unidad evaluada, Unidad₀, calculada usando los datos observados para dicha Unidad en el periodo t en relación a la frontera tecnológica del periodo t.

$$\mathbf{p}_I^t(x_t, y_t)_{-}^{-1} = E_{0,t}^t = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_t \lambda \geq Y_{0,t}$$

$$\theta X_{0,t} \geq X_t \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

$$2. \quad \mathbf{D}_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{-}^{-1} = E_{0,t+1}^{t+1}$$

Es la eficiencia técnica de la Unidad₀ que es calculada usando los datos observados para dicha Unidad en el periodo t+1 en relación a la frontera eficiente en el periodo t+1

$$\mathbf{D}_I^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})_{-}^{-1} = E_{0,t+1}^t = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_{t+1} \lambda \geq Y_{0,t+1}$$

$$\theta X_{0,t+1} \geq X_{t+1} \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

Para el cálculo de las siguientes dos funciones distancia, se requiere información de los dos periodos t y t+1, puesto que se comparan los datos de un periodo con la frontera eficiente del otro. Además, por esta razón, el valor óptimo de θ , θ^* , puede resultar ser mayor a la unidad.

$$3. \quad \mathbf{D}_I^t(x_{t+1}, y_{t+1})_{-}^{-1} = E_{0,t+1}^t$$

Es la eficiencia técnica de la Unidad₀, calculada a partir de los datos observados en el periodo t+1 respecto a la frontera eficiente del periodo t.

$$P_I^t(x_{t+1}, y_{t+1})_{-}^{-1} = E_{0,t+1}^t = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_t \lambda \geq Y_{0,t+1}$$

$$\theta X_{0,t+1} \geq X_t \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

4. $P_I^{t+1}(x_t, y_t)_{-}^{-1} = E_{0,t}^{t+1}$

Es la eficiencia técnica de la Unidad₀ calculada a partir de los datos observados en el periodo t respecto a la frontera eficiente del periodo t+1.

$$P_I^t(x_t, y_t)_{-}^{-1} = E_{0,t}^{t+1} = \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeto a:

$$Y_{t+1} \lambda \geq Y_{0,t}$$

$$\theta X_{0,t} \geq X_{t+1} \lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. Definición de la función distancia para cada finca cafetalera

El primer paso para poder calcular el Índice de Malmquist, es obtener las funciones distancia input de cada una de las fincas cafetaleras. Para la Finca Cassandra, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2008 en relación a la frontera tecnológica del mismo periodo, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta primera finca en su primer cálculo de función distancia fue de 0.875.

Para la Finca El Xuchitl de igual forma, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2008 en relación a la frontera tecnológica del mismo periodo, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca en su primer cálculo de función distancia fue de 1.000.

Para la Finca Phasa, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2008 en relación a la frontera tecnológica del mismo periodo, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca en su primer cálculo de función distancia fue de 0.729.

Para la Finca Don Marco, el resultado que se obtuvo en su primer cálculo de función distancia fue de 0.972. Para la Finca Casa Blanca y para a Finca Jocutla, los resultados que se obtuvieron en su primer cálculo de función distancia fueron de 0.972 y 0.729 respectivamente.

El segundo paso para poder calcular el Índice de Malmquist, es obtener las funciones distancia input de cada una de las fincas cafetaleras. Para la Finca Kassandra, se calculó la Eficiencia Técnica pero en este caso con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2009 en relación a la frontera tecnológica del mismo periodo, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca en su segundo cálculo de función distancia fue de 0.9916.

Para la Finca El Xuchitl de igual forma, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2009 en relación a la frontera tecnológica del mismo periodo, en donde el resultado fue de 1.000.

Para la Finca Phasa, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2009 en relación a la frontera tecnológica del mismo periodo, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca fue 0.8928.

Para la Finca Don Marco, el resultado que se obtuvo fue de 0.8654. Para la Finca Casa Blanca y para a Finca Jocutla, los resultados que se obtuvieron en fueron de 1.000 y 0.6915 respectivamente.

El tercer paso para la Finca Kassandra, se calculó la Eficiencia Técnica pero en este caso con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2009 en relación a la frontera eficiente del periodo 2008, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca fue de 1.0208.

Para la Finca El Xuchitl de igual forma, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2009 en relación a la frontera eficiente del periodo 2008, en donde el resultado fue de 0.9800.

Para la Finca Phasa, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2009 en relación a la frontera eficiente del periodo 2008, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca fue 0.875.

Para la Finca Don Marco, el resultado que se obtuvo fue de 1.1218. Para la Finca Casa Blanca y para a Finca Jocutla, los resultados que se obtuvieron en fueron de 1.2962 y 0.7000 respectivamente.

El último paso para la Finca Kassandra, se calculó la Eficiencia Técnica pero en este caso con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2008 en relación a la frontera eficiente del periodo 2009, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca fue de 0.8310.

Para la Finca El Xuchitl de igual forma, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2008 en relación a la frontera eficiente del periodo 2009, en donde el resultado fue de 1.7522.

Para la Finca Phasa, se calculó la Eficiencia Técnica con los datos obtenidos correspondientes al periodo 2008 en relación a la frontera eficiente del periodo 2009, teniendo que minimizar ambas funciones para obtener la mínima distancia tomando como referencia al origen. El resultado que se obtuvo para ésta finca fue 0.7440.

Para la Finca Don Marco, el resultado que se obtuvo fue de 0.7500. Para la Finca Casa Blanca y para a Finca Jocutla, los resultados que se obtuvieron en fueron de 0.7611 y 0.6372 respectivamente.

Ya contando con éstos cálculos, a podemos realizar los cálculos del Cambio en Eficiencia Técnica y el Cambio Tecnológico de cada una de las fincas para finalmente obtener el Índice de Productividad de Malmquist de cada una.

5.2. Aplicación de la descomposición de Färe, Grooskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist

La descomposición del índice de productividad de Malmquist se ha definido como:

$$IPM_{FGLR}(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t) = \frac{E_{0,t+1}^{t+1}}{E_{0,t}^t} * \left[\frac{E_{0,t+1}^t}{E_{0,t+1}^{t+1}} * \frac{E_{0,t}^t}{E_{0,t}^{t+1}} \right]^{1/2}$$

Para determinar el IPM es necesario calcular para cada una de las fincas, cuatro funciones distancia, las cuales ya fueron calculadas. Solo para observar su ecuación de cada una en forma general son las siguientes:

$$\begin{aligned} P_{I,t}^t(x_t, y_t) &= E_{0,t}^t & ; & & P_{I,t+1}^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) &= E_{0,t+1}^{t+1} & ; & & P_{I,t}^t(x_{t+1}, y_{t+1}) &= E_{0,t+1}^t & ; \\ P_{I,t+1}^{t+1}(x_t, y_t) &= E_{0,t}^{t+1} \end{aligned}$$

Es importante comentar que ante la presencia de rendimientos variables a escala el Índice de Malmquist no evalúa correctamente los cambios en productividad, por lo que Färe (1994) sugirieron esta descomposición, en donde la medida de cambio en la eficiencia técnica podría descomponerse en dos elementos; un componente de Cambio en Eficiencia Técnica “Pura” y otro componente de Cambio en la Eficiencia de Escala. Esa es la razón por la cual se utilizó dicho método.

Ésta descomposición ha sido criticada por varios autores, ya que mide el cambio tecnológico respecto a la tecnología bajo Rendimientos constantes a Escala en lugar de una tecnología con Variables constantes a Escala. Se han propuesto alternativas diversas para la solución de éste problema; sin embargo, ninguna de ellas goza de la amplia aceptación.

Una atractiva utilidad para la realización de un análisis usando el Índice de Malmquist es el resultado del trabajo de Färe (1994), demostrando que la estimación de las funciones distancia es sencilla aplicando técnicas de programación lineal como DEA. Así, no es necesario parametrizar la función distancia y por tanto tampoco se requiere calcular los parámetros asociados.

Esta técnica DEA utiliza la programación lineal no paramétrica para construir la frontera eficiente, partiendo de información observada y recopilada respecto al proceso de producción; esto permite realizar estimaciones de eficiencia técnica tanto desde el espacio de los productos (comparación del producto alcanzado, respecto al producto máximo que pudiera obtenerse haciendo uso eficiente de la combinación de insumos utilizado en el proceso de fabricación) como desde el espacio de los insumos (comparación entre la combinación de insumos utilizada y aquella que permitiría alcanzar el mismo nivel de producto operando de manera eficiente).

Esto nos permite analizar y evaluar el desempeño de las Unidades de producción desde cada una de estas perspectivas.

5.3. Análisis de los Índices de Productividad de Malmquist

a)

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
KASSANDRA	1.133	1.056	1.20

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo.

El resultado de 1.133 obtenido para el cambio en Eficiencia Técnica, indica que la eficiencia para ésta finca de un año a otro tuvo un incremento del 13.3%. Éste resultado en la Eficiencia Técnica se explica por el producto de sus dos componentes: el Cambio en Eficiencia Técnica Pura y el Cambio en Eficiencia en Escala. Por otro lado, el Cambio Tecnológico que fue de 1.056 lo cual significa que hubo un cambio del 5.6% en el aspecto tecnológico para ésta finca, pudieron haber invertido en maquinaria en éste año.

A raíz de los resultados anteriores, el Índice de Malmquist tiene un valor de 1.20. Éste resultado indica que existió un incremento de 20% en la productividad para el periodo 2008 y 2009 en la Finca Cassandra. Para explicar éste resultado se debe recordar que el cambio en productividad es igual al producto del Cambio Tecnológico y el Cambio en Eficiencia Técnica. Como ya se mencionó, en un año se invirtió en equipo tecnológico y/o en nuevos sistemas de organización o maquinaria.

b)

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
XUCHITL	1.000	0.740	0.74

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo.

El resultado de 1.000 obtenido para el cambio en Eficiencia Técnica, indica que la eficiencia para ésta finca de un año a otro se mantuvo constante; es decir, no sufrió ningún cambio ni a favor ni en contra, pudiera ser por la falta de capacitación a sus trabajadores. Éste resultado en la Eficiencia Técnica se explica

de igual forma por el producto de sus dos componentes: el Cambio en Eficiencia Técnica Pura y el Cambio en Eficiencia en Escala. Por otro lado, el Cambio Tecnológico que fue de 0.740 lo cual significa que hubo un cambio negativo del 26% en el aspecto tecnológico para ésta finca. Bajo estas condiciones, parece ser que no está siendo atendida como empresa y si continúa de ésta forma llegará un momento en que quiebre.

A raíz de los resultados anteriores, el Índice de Malmquist tiene un valor de 0.74. Éste resultado indica que existió un decremento de 26% en la productividad para el periodo 2008 y 2009 en la Finca El Xuchitl. Para explicar éste resultado se debe recordar que el cambio en productividad es igual al producto del Cambio Tecnológico y el Cambio en Eficiencia Técnica. Definitivamente no son buenos indicadores para la empresa, debería de tomar mayor interés en la parte tecnológica, puesto que al parecer sus procesos productivos son obsoletos.

c)

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
PHASA	1.224	0.970	1.19

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo.

Vemos que el resultado de 1.224 obtenido para el cambio en Eficiencia Técnica, indica que la eficiencia para ésta finca de un año a otro tuvo un incremento del 22.4%. Éste resultado en la Eficiencia Técnica se explica por el producto de sus dos componentes: el Cambio en Eficiencia Técnica Pura y el Cambio en Eficiencia en Escala. Por otro lado, el Cambio Tecnológico que fue de 0.970 lo cual significa

que hubo un cambio del -3% en el aspecto tecnológico para ésta finca, lo cual significa que prácticamente en un año no se experimentó cambio tecnológico.

A raíz de los resultados anteriores, el Índice de Malmquist tiene un valor de 1.19. Éste resultado indica que existió un incremento de 19% en la productividad para el periodo 2008 y 2009 en la Finca Phasa. Para explicar éste resultado se debe recordar que el cambio en productividad es igual al producto del Cambio Tecnológico y el Cambio en Eficiencia Técnica. Como ya se mencionó, el Cambio Tecnológico estuvo ausente a lo largo del periodo analizado, explicándose lo anterior por el envejecimiento de la maquinaria. Con ese valor de 0.970 para el Cambio Tecnológico, se refleja un nulo avance tecnológico. Dado lo anterior podemos señalar que el cambio en la productividad se debe al Cambio en la Eficiencia Técnica, mismo que puede haberse producido por la presencia del fenómeno conocido como *learning by doing*¹², es decir, que se haya provocado una mejora en el proceso de producción por el sólo hecho de estar utilizando los mismo equipos y realizando las mismas tareas; aprovechando las mejoras en base a la experiencia y a la retroalimentación en un grupo cerrado de gente.

En éste tipo de modelos se reconoce además la virtud de generar adaptaciones al proceso que facilita el perfeccionamiento de las tareas, la sincronización de tiempo así como la adquisición de nuevas destrezas.

¹² El término *learning by doing* se puede traducir como “conocimiento por elaboración” refiriéndose a las habilidades que adquieren los trabajadores al realizar una actividad, incrementando su eficiencia.

d)

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
DON MARCO	0.890	1.476	1.31

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo.

Aquí podemos ver que el resultado de 0.890 obtenido para el cambio en Eficiencia Técnica, indica que la eficiencia para ésta finca de un año a otro tuvo un decremento del 11.0%, es el primer caso que presenta un decremento en esta primera parte. Éste resultado en la Eficiencia Técnica se explica por el producto de sus dos componentes: el Cambio en Eficiencia Técnica Pura y el Cambio en Eficiencia en Escala. Por otro lado, el Cambio Tecnológico que fue de 1.476 lo cual significa que hubo un cambio del 47.6% en el aspecto tecnológico para ésta finca, pudieron haber invertido en maquinaria en éste año buscando nuevos procesos productivos incorporando naves con procesos más eficientes.

A raíz de los resultados anteriores, el Índice de Malmquist tiene un valor de 1.31. Éste resultado indica que existió un incremento de 31% en la productividad para el periodo 2008 y 2009. Para explicar éste resultado se debe recordar que el cambio en productividad es igual al producto del Cambio Tecnológico y el Cambio en Eficiencia Técnica. Como ya se mencionó, en un año se invirtió en equipo tecnológico y/o en nuevos sistemas de organización o maquinaria, lo cual se refleja en la eficiencia que tuvo en dicho periodo. Quizá la mano de obra se vio afectada en número y por esa razón se redujo su eficiencia, fue un periodo de capacitación a los trabajadores.

e)

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
C BLANCA	1.029	1.465	1.51

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del modelo.

Vemos que el resultado de 1.029 obtenido para el cambio en Eficiencia Técnica, indica que la eficiencia para ésta finca de un año a otro tuvo un incremento del 2.9%. Éste resultado en la Eficiencia Técnica se explica por el producto de sus dos componentes: el Cambio en Eficiencia Técnica Pura y el Cambio en Eficiencia en Escala. Por otro lado, el Cambio Tecnológico que fue de 1.465 lo cual significa que hubo un cambio del 46.5% en el aspecto tecnológico para ésta finca, pudieron haber invertido en maquinaria en éste año.

A raíz de los resultados anteriores, el Índice de Malmquist tiene un valor de 1.51. Éste resultado indica que existió un incremento de 51% en la productividad para el periodo 2008 y 2009. Para explicar éste resultado se debe recordar que el cambio en productividad es igual al producto del Cambio Tecnológico y el Cambio en Eficiencia Técnica.

Como ya se mencionó, en un año se invirtió en equipo tecnológico y/o en nuevos sistemas de organización o maquinaria. Refleja un manejo adecuado de sus recursos, teniendo buenos indicadores en general.

f)

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
JOCUTLA	0.894	1.149	1.03

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del modelo.

Finalmente podemos ver que el resultado de 0.894 obtenido para el cambio en Eficiencia Técnica, indica que la eficiencia para ésta finca de un año a otro tuvo un decremento del 10.6%. Éste resultado en la Eficiencia Técnica se explica por el producto de sus dos componentes: el Cambio en Eficiencia Técnica Pura y el Cambio en Eficiencia en Escala. Por otro lado, el Cambio Tecnológico que fue de 1.149 lo cual significa que hubo un cambio del 14.9% en el aspecto tecnológico para ésta finca, pudieron haber invertido en maquinaria en éste año.

A raíz de los resultados anteriores, el Índice de Malmquist tiene un valor de 1.03. Éste resultado indica que existió un incremento de 3% en la productividad para el periodo 2008 y 2009. Para explicar éste resultado se debe recordar que el cambio en productividad es igual al producto del Cambio Tecnológico y el Cambio en Eficiencia Técnica. Como ya se mencionó, en un año se invirtió en equipo tecnológico y/o en nuevos sistemas de organización o maquinaria, lo cual, aunque fue muy poco el crecimiento, se refleja en la eficiencia que tuvo en dicho periodo.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis realizado para seis fincas cafetaleras evaluadas en el periodo 2008 – 2009 en la región central del Estado de Veracruz, muestra que en promedio, el crecimiento en la productividad es del 16.2% para un año, lo cual no suena como un mal indicador, sin embargo hay fincas que sesgan el promedio provocando esta apariencia. En la Eficiencia Técnica, en promedio la zona tiene un 2.8% de eficiencia, lo cual puede responder al fenómeno de *learning by doing*, a pesar de no ser un incremento considerable. Por otro lado, el Cambio Tecnológico en la zona representa un incremento de 14.3%, o cual nos indica que en general, a los cafetaleros de la zona centro de Veracruz, les ha preocupado más en invertir en tecnología, mejorando su maquinaria, plantas productivas con procesos mucho más eficientes y en sistemas operativos.

En los últimos años, los empresarios han reclamado falta de apoyo por parte del Gobierno Federal y Estatal al sector productivo, especialmente al café; sin embargo, en este años los senadores de dicho Estado han hecho varios comentarios a favor de apoyar la producción de café en nuestro país, otorgando apoyos y financiamientos para los productores. Podría haber sido un factor para que el aumento que se tuvo en el Cambio Tecnológico del último año haya obtenido dicho crecimiento.

Como se ha dicho, México ocupa el quinto lugar a nivel mundial como productor de café, por lo que no se debería dejar a un lado el apoyo para éste sector en particular. Debemos de aprovechar las ventajas competitivas naturales con las que contamos y explotar de mayor forma esta brecha que tenemos como salida para un mayor crecimiento económico de nuestro país.

Dentro de las seis fincas analizadas, la que tiene un mejor indicador de productividad es la Finca Casa Blanca, con un Índice de Malmquist de 1.51, donde en general sus indicadores nos muestran que es una de las fincas que se preocupa por su eficiencia técnica y también por mantenerse actualizado en

cuanto a maquinaria y equipo se refiere, teniendo un crecimiento anual de eficiencia del 51%. Por otro lado, el caso contrario sería la Finca El Xuchitl, la cual obtuvo 0.74 en el Índice de Malmquist, lo que nos dice que no es una finca que maneje su producción con tecnología de punta, quizá las formas de producción son ya muy antiguas y no se ha preocupado por la actualización de sus procesos.

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
KASSANDRA	1.133	1.056	1.20
XUCHITL	1.000	0.740	0.74
PHASA	1.224	0.970	1.19
DON MARCO	0.890	1.476	1.31
C BLANCA	1.029	1.465	1.51
JOCUTLA	0.894	1.149	1.03

Cuadro 6.1 Resultados Finales del Índice de Productividad de Malmquist

Recomendaciones

La difícil situación económica por la que el mundo en general pasó en el año 2009 se vio reflejada en muchos aspectos, uno de ellos los niveles de producción de productos agrícolas a nivel mundial. Los gobiernos durante los últimos años, en particular en México, el apoyo al sector agrícola ha sido muy poco, le han dado mayor importancia al sector industrial en donde los más afectados han sido los que comen del campo.

Es claro que como productores en general, la forma de salir adelante no es fácil. Los caficultores del estado de Veracruz han pasado por situaciones difíciles. Las fincas cafetaleras analizadas, deben de tomar en cuenta la capacidad productiva que tienen, el nivel de capital y la mano de obra con la que cuentan para ser más eficientes en sus indicadores; es decir, deben de hacer un adecuado uso de los insumos productivos y estar año con año analizando su situación de eficiencia, ya que este sería un buen parámetro de crecimiento o de retroceso de cada finca y que puedan ellos mismo fortalecer en aquella en la que tengan deficiencias procurando siempre tener crecimientos constantes.

Es importante señalar que el tiempo de vida que tienen las fincas cafetaleras es un factor importante a considerar para su eficiencia productiva, no es lo mismo hablar de una finca cafetalera con más de 40 años de experiencia que una que tiene 10 años, ese podría ser un buen tema para futuras investigaciones, o bien, realizar un comparativo entre los 5 principales estados de la república para analizar la eficiencia en la productividad de cultivo de café de calidad bajo niveles homogéneos de factores productivos.

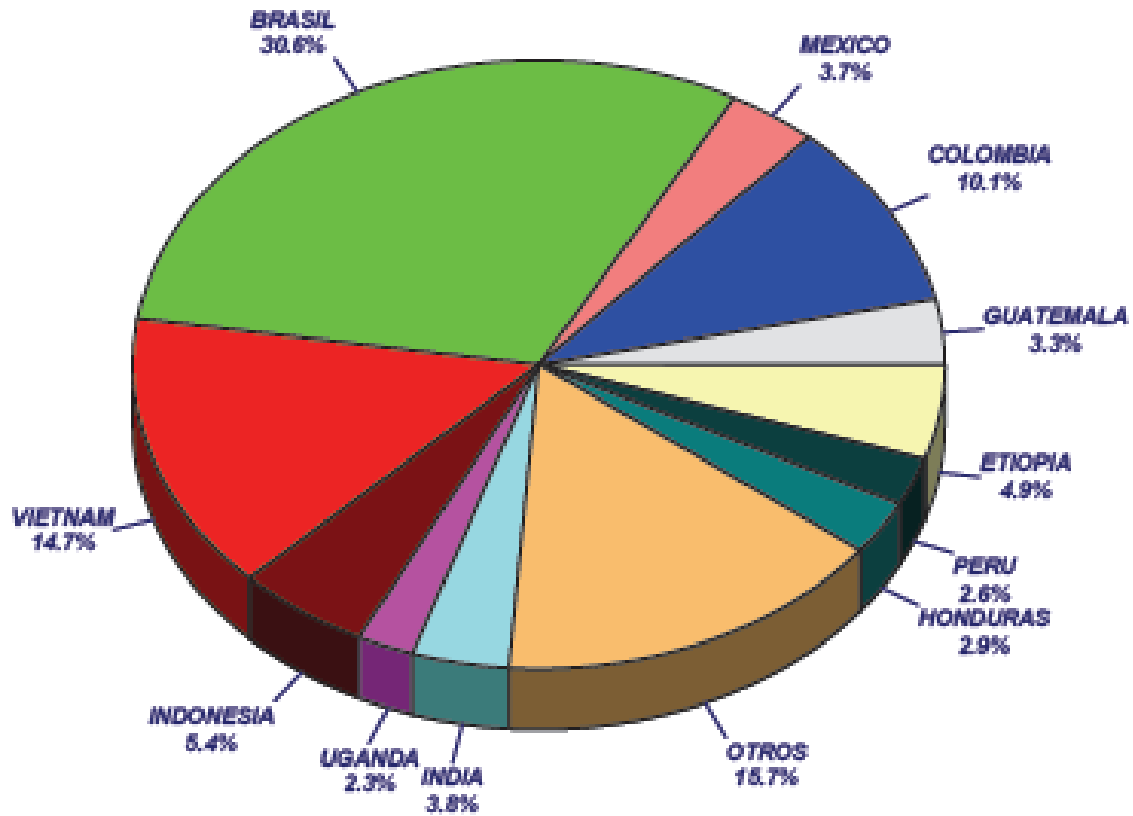
FUENTES DE INFORMACIÓN

- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. www.aserca.gob.mx
- Alli, A. I. 1994. Computational Aspects of DEA in Carnes, A.; Cooper, W.W.; Lewin, A.Y. y Sieford, L.M. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Blasco Blasco, O.M. 2001. Estudio de la Eficiencia del Sistema Productivo de las Comunidades Autónomas: Una aproximación desde el Data Envelopment Analysis. Tesis Doctoral. Departamento de Economía Aplicada. Facultad de Economía. Universidad de Valencia.
- Carrillo H. Mario M. 2001. El Sector Agropecuario Mexicano. Antecedentes recientes y perspectivas. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Cayón C. Magda. 2004. Análisis comparativo de la eficiencia de la empresa pública respecto la empresa privada aplicado a empresas hoteleras españolas. Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Chieko Umetsu, Thamana Lekprichakul and Ujjayant Chakravorty. 2003. Efficiency and Technical Change in the Phillippine Rice Sector: A Malmquist Total Factor Productivity Analysis. American Agricultural Economics Association.
- Coelli, T., Prasada Rao, D.S. y Battese, G.E. 1998. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Expo Café septiembre 2009, Word Trade Center, Ciudad de México.
- Färe, R.; S. Grosskopf; B. Lindgren y P. Roos. 1994. Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist output index approach. Dordrecht, Klumer Academic Publishers, Holanda.
- Färe, R.; Grosskopf, S.; Norris, M. y Zhang, Z. 1994. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. American Economic Review 84(1):66-83.

- Fried, H.O. y J.D. Klein. 2000. Efficiencies in United States metropolitan areas, en J.L.T. Blank, (ed.) Public Provision and Performance, Amsterdam, Holland.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2009 www.inegi.org.mx
- NYSE, New York Stock Exchange 2009. www.nyse.com
- Reyes Angel y Bazdresch Carlos. 2005. El cambio en la productividad manufacturera en México: 1994 – 1999: El enfoque de los Índices de Malmquist en industrias, estados y regiones. CIDE, México.
- Revista: Cafés de México, agosto 2009.
- Revista Análisis Económico, número 47, volumen XXI, Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, segundo cuatrimestre de 2006.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México. www.sagarpa.gob.mx
- Sistema Producto Café. www.spcafe.org.mx
- United States Department of Agriculture. www.usda.gov
- Unión Nacional de Productores de Café y la Confederación Nacional Campesina, 2009.

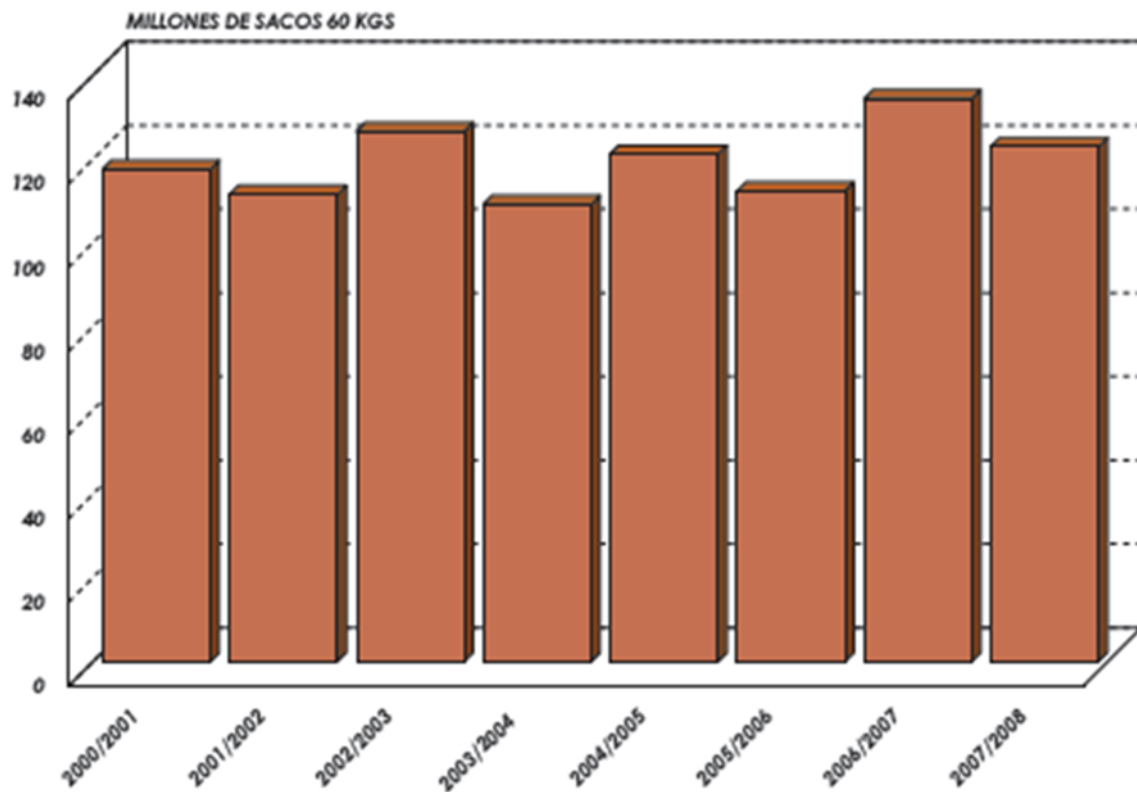
ANEXOS

A.1. Principales Países Productores de Café entre el 2007 y 2008



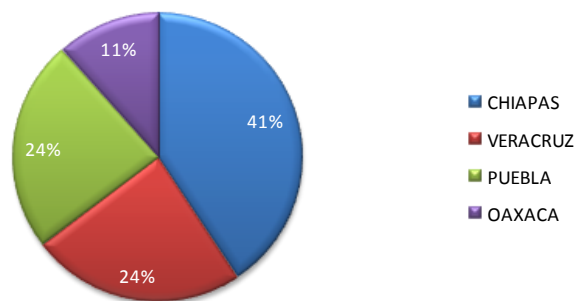
FUENTE: USDA Tropical Products "World Markets and Trade"

A.2. Producción Mundial de Café



FUENTE: USDA Tropical Products "World Markets and Trade"

A.3. Participación de los Estados Productores de Café en México (promedio 2008 – 2009)



ESTADO	PRODUCCION CAFÉ, 2008 (toneladas)
CHIAPAS	600,000
VERACRUZ	353,000
PUEBLA	351,000
OAXACA	171,000

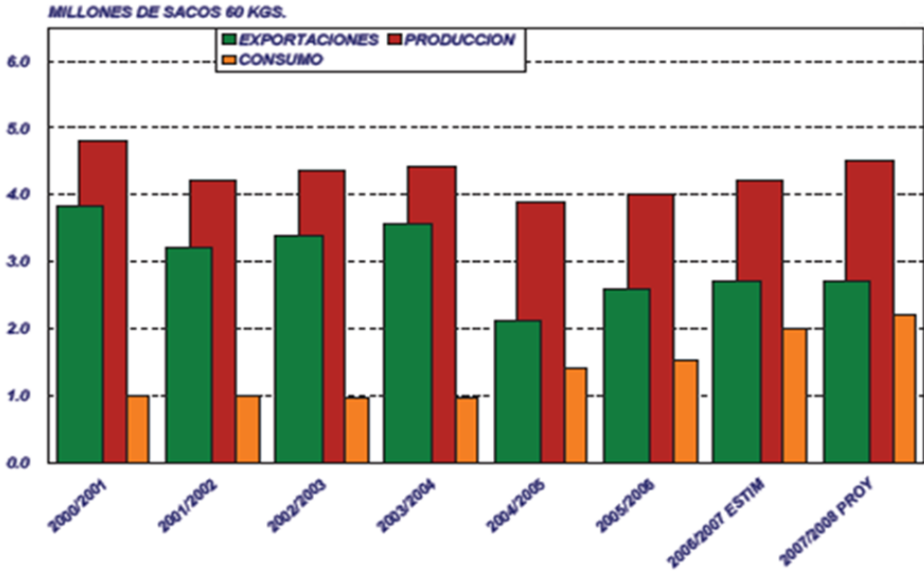
FUENTE: www.aserca.gob.mx

A.4. Destino de las Exportaciones de Café mexicanas durante el 2008

PAIS	Kg.	%
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	9,980,570.00	63.14
ALEMANIA	1,582,815.00	10.01
BÉLGICA	1,516,723.00	9.60
JAPÓN	748,656.00	4.74
CUBA	305,280.00	1.93
CANADÁ	294,492.00	1.86
FRANCIA	246,675.00	1.56
AUSTRALIA	144,026.00	0.91
DINAMARCA	140,375.00	0.89
NORUEGA	132,825.00	0.84
OTROS	714,220.00	4.52
TOTAL	15,806,657.00	100.00

FUENTE: Sistema Producto Café, reporte de mayo 2008

A.5. Producción, Exportación y Consumo de Café en México



FUENTE: USDA Tropical Products “World Markets and Trade”

APENDICE

1. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

FINCA A

FINCA A			
Función objetivo	0.875		(minimizar)
Restricciones	12.00003	=	12
	20.00005	=	20.00003
	3.00001	=	2.999996
	7.00002	=	6.999999
No Negatividad			
Thita	0.875	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.500001	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	4.000032	>=	0
Sx1	2.250004	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.875		
LA	0		
LB	0.500001		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	4.000032		
Sx1	2.250004		
Sx2	0		

FINCA A

Función Ojetivo	0.9916	(minimizar)	
Restricciones	14.00	=	14
	20.00	=	20
	5.65	=	5.65
	7.93	=	7.93
No negatividad			
Thita	0.99	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.44	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0.08	>=	0
LF	0.00	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	2.29	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.99		
LA	0		
LB	0.44		
LC	0		
LD	0		
LE	0.08		
LF	0.00		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	2.29		
Sx2	0		

FINCA A

Función Ojetivo	1.0208	(minimizar)	
Restricciones	14	=	14
	23.33	=	23.33
	3.5	=	3.5
	8.17	=	8.17
No negatividad			
Thita	1.02	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.58	>=	0
LC	0.0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	3.33	>=	0
Sx1	4.67	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	1.02		
LA	0		
LB	0.58		
LC	0.0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	3.33		
Sx1	4.67		
Sx2	0		

FINCA A

Función Ojetivo	0.8310	(minimizar)	
Restricciones	12	=	12
	16	=	16
	4.67	=	4.67
	6.65	=	6.65
No negatividad			
Thita	0.83	\geq	0
LA	0	\geq	0
LB	0.33	\geq	0
LC	0	\geq	0
LD	0	\geq	0
LE	0.09	\geq	0
LF	0	\geq	0
Sy1	0	\geq	0
Sy2	0	\geq	0
Sx1	0.31	\geq	0
Sx2	0	\geq	0
Variables			
Thita	0.83		
LA	0		
LB	0.33		
LC	0		
LD	0		
LE	0.09		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	0.31		
Sx2	0		

2. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

FINCA B

FINCA B			
Función objetivo	1.000	(minimizar)	
Restricciones	24	=	24
	40	=	39.999999
	6	=	6
	14	=	14
No Negatividad			
Thita	1	>=	0
LA	0	>=	0
LB	1	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	1		
LA	0		
LB	1		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	0		
Sx2	0		

FINCA B

Función Ojetivo	1.0000	(minimizar)	
Restricciones	25	=	25
	42	=	42
	11	=	11
	15	=	15
No negatividad			
Thita	1	>=	0
LA	0	>=	0
LB	1	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	1		
LA	0		
LB	1		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	0		
Sx2	0		

FINCA B

Función Ojetivo	0.9800	(minimizar)	
Restricciones	25.20	=	25.20
	42.00	=	42
	6.30	=	6.30
	14.70	=	14.70
No negatividad			
Thita	0.98	>=	0
LA	0	>=	0
LB	1.05	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0.20	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	4.48	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.98		
LA	0		
LB	1.05		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0.20		
Sy2	0		
Sx1	4.48		
Sx2	0		

FINCA B

Función Ojetivo	1.7522	(minimizar)	
Restricciones	24	=	24
	40	=	40
	10.51	=	10.51
	14.36	=	14.36
No negatividad			
Thita	1.75	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.95	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0.01	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0	>=	0
Sx2	10.17	>=	0
Variables			
Thita	1.75		
LA	0		
LB	0.95		
LC	0		
LD	0		
LE	0.01		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	0		
Sx2	10.17		

3. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

FINCA C

FINCA C			
Función objetivo	0.729 (minimizar)		
Restricciones	15	=	15
	25	=	25
	3.75	=	3.75
	8.75	=	8.75
No Negatividad			
Thita	0.729167	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.625	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	5	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	6.458333	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.729167		
LA	0		
LB	0.625		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	5		
Sy2	0		
Sx1	6.458333		
Sx2	0		

FINCA C

Función Ojetivo	0.8928	(minimizar)	
Restricciones	17.857	=	17.857
	30	=	30
	7.857	=	7.857
	10.714	=	10.714
No negatividad			
Thita	0.893	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.714	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0.00	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	9.857	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	4.643	>=	0
Sx2	0.00	>=	0
Variables			
Thita	0.893		
LA	0		
LB	0.714		
LC	0		
LD	0		
LE	0.00		
LF	0		
Sy1	9.857		
Sy2	0		
Sx1	4.643		
Sx2	0.00		

FINCA C

Función Ojetivo	0.8750	(minimizar)	
Restricciones	18	=	18
	30	=	30
	4.5	=	4.5
	10.5	=	10.5
No negatividad			
Thita	0.875	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.75	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	10	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	7.75	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.875		
LA	0		
LB	0.75		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	10		
Sy2	0		
Sx1	7.75		
Sx2	0		

FINCA C

Función Ojetivo	0.7440	(minimizar)	
Restricciones	14.88	=	14.88
	25	=	25
	6.55	=	6.55
	8.93	=	8.93
No negatividad			
Thita	0.74	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.60	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	4.88	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	3.87	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.74		
LA	0		
LB	0.60		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	4.88		
Sy2	0		
Sx1	3.87		
Sx2	0		

4. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

FINCA D

FINCA D			
Función objetivo	0.972 (minimizar)		
Restricciones	20.00	=	20
	33.33	=	33.33
	5.00	=	5
	11.67	=	11.67
No Negatividad			
Thita	0.97	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.83	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	23.33	>=	0
Sx1	6.67	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.97		
LA	0.00		
LB	0.83		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	23.33		
Sx1	6.67		
Sx2	0		

FINCA D

Función Ojetivo	0.8654	(minimizar)	
Restricciones	25	=	25
	13.75	=	13.75
	6.88	=	6.88
	11.25	=	11.25
No negatividad			
Thita	0.87	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0.63	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	5.75	>=	0
Sx1	3.51	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.87		
LA	0		
LB	0		
LC	0		
LD	0		
LE	0.63		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	5.75		
Sx1	3.51		
Sx2	0		

FINCA D

Función Ojetivo	1.1218	(minimizar)	
Restricciones	25.00	=	25
	41.67	=	41.67
	6.25	=	6.25
	14.58	=	14.58
No negatividad			
Thita	1.12	>=	0
LA	0	>=	0
LB	1.04	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	33.67	>=	0
Sx1	7.21	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	1.12		
LA	0		
LB	1.04		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	33.67		
Sx1	7.21		
Sx2	0		

FINCA D

Función Ojetivo	0.7500	(minimizar)	
Restricciones	20	=	20
	11	=	11
	5.5	=	5.5
	9	=	9
No negatividad			
Thita	0.75	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0	>=	0
LC	0.00	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0.5	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	1	>=	0
Sx1	3.5	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.75		
LA	0		
LB	0		
LC	0.00		
LD	0		
LE	0.5		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	1		
Sx1	3.5		
Sx2	0		

5. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

FINCA E

FINCA E			
Función objetivo	0.972	(minimizar)	
Restricciones	30	=	30
	50	=	50
	7.5	=	7.5
	17.5	=	17.5
No Negatividad			
Thita	0.97	>=	0
LA	0	>=	0
LB	1.25	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	32	>=	0
Sx1	4.17	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.97		
LA	0		
LB	1.25		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	32		
Sx1	4.17		
Sx2	0		

FINCA E

Función Ojetivo	1.0000	(minimizar)	
Restricciones	40	=	40
	22	=	22
	11	=	11
	18	=	18.00
No negatividad			
Thita	1.00	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.00	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	1	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0.00	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	1.00		
LA	0		
LB	0.00		
LC	0		
LD	0		
LE	1		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	0.00		
Sx2	0		

FINCA E

Función Ojetivo	1.2962	(minimizar)	
Restricciones	40.00	=	40
	66.67	=	66.67
	10.00	=	10.00
	23.33	=	23.33
No negatividad			
Thita	1.30	>=	0
LA	0.00	>=	0
LB	1.67	>=	0
LC	0.00	>=	0
LD	0.00	>=	0
LE	0.00	>=	0
LF	0.00	>=	0
Sy1	0.00	>=	0
Sy2	44.67	>=	0
Sx1	4.26	>=	0
Sx2	0.00	>=	0
Variables			
Thita	1.30		
LA	0.00		
LB	1.67		
LC	0.00		
LD	0.00		
LE	0.00		
LF	0.00		
Sy1	0.00		
Sy2	44.67		
Sx1	4.26		
Sx2	0		

FINCA E

Función Ojetivo	0.7611	(minimizar)	
Restricciones	30.00	=	30
	18	=	18
	8.47	=	8.47
	13.70	=	13.70
No negatividad			
Thita	0.76	>=	0
LA	0	>=	0
LB	0.05	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0.72	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	0	>=	0
Sx1	0.66	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.76		
LA	0		
LB	0.05		
LC	0		
LD	0		
LE	0.72		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	0		
Sx1	0.66		
Sx2	0		

6. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

FINCA F

FINCA F

Función objetivo	0.729 (minimizar)		
Restricciones	25	=	25
	41.67	=	41.67
	6.25	=	6.25
	14.58	=	14.58
No Negatividad			
Thita	0.73	>=	0
LA	0	>=	0
LB	1.04	>=	0
LC	0	>=	0
LD	0	>=	0
LE	0	>=	0
LF	0	>=	0
Sy1	0	>=	0
Sy2	16.67	>=	0
Sx1	8.33	>=	0
Sx2	0	>=	0
Variables			
Thita	0.73		
LA	0		
LB	1.04		
LC	0		
LD	0		
LE	0		
LF	0		
Sy1	0		
Sy2	16.67		
Sx1	8.33		
Sx2	0		

FINCA F

Función Ojetivo	0.6515	(minimizar)	
Restricciones	24	=	24
	30	=	30
	9.05	=	9.05
	13.03	=	13.03
No negatividad			
Thita	0.65	>=	0
LA	0.00	>=	0
LB	0.59	>=	0
LC	0.00	>=	0
LD	0.00	>=	0
LE	0.23	>=	0
LF	0.00	>=	0
Sy1	0.00	>=	0
Sy2	0.00	>=	0
Sx1	2.67	>=	0
Sx2	0.00	>=	0
Variables			
Thita	0.65		
LA	0.00		
LB	0.59		
LC	0.00		
LD	0.00		
LE	0.23		
LF	0.00		
Sy1	0.00		
Sy2	0.00		
Sx1	2.67		
Sx2	0.00		

FINCA F

Función Ojetivo	0.7000	(minimizar)	
Restricciones	24.00	=	24
	40.00	=	40.00
	6.00	=	6.00
	14.00	=	14.00
No negatividad			
Thita	0.70	>=	0
LA	0.00	>=	0
LB	1.00	>=	0
LC	0.00	>=	0
LD	0.00	>=	0
LE	0.00	>=	0
LF	0.00	>=	0
Sy1	0.00	>=	0
Sy2	10.00	>=	0
Sx1	6.60	>=	0
Sx2	0.00	>=	0
Variables			
Thita	0.70		
LA	0.00		
LB	1.00		
LC	0.00		
LD	0.00		
LE	0.00		
LF	0.00		
Sy1	0.00		
Sy2	10.00		
Sx1	6.60		
Sx2	0.00		

FINCA F

Función Ojetivo	0.6372	(minimizar)	
Restricciones	25.00	=	25
	25.00	=	25
	8.52	=	8.52
	12.74	=	12.74
No negatividad			
Thita	0.64	>=	0
LA	0.00	>=	0
LB	0.40	>=	0
LC	0.00	>=	0
LD	0.00	>=	0
LE	0.38	>=	0
LF	0.00	>=	0
Sy1	0.00	>=	0
Sy2	0.00	>=	0
Sx1	4.23	>=	0
Sx2	0.00	>=	0
Variables			
Thita	0.64		
LA	0.00		
LB	0.40		
LC	0.00		
LD	0.00		
LE	0.38		
LF	0.00		
Sy1	0.00		
Sy2	0.00		
Sx1	4.23		
Sx2	0.00		

7. Descomposición de Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos del Índice de Malmquist.

RESUMEN

Cuadro 3. Resultados de las minimizaciones de funciones distancia y del Índice de Malmquist

FINCA	CAMBIO EFICIENCIA TÉCNICA (CE)	CAMBIO TECNOLÓGICO (CT)	ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST (IPM)
KASSANDRA	1.133	1.056	1.20
XUCHITL	1.000	0.740	0.74
PHASA	1.224	0.970	1.19
DON MARCO	0.890	1.476	1.31
C BLANCA	1.029	1.465	1.51
JOCUTLA	0.894	1.149	1.03

Fuente: Calculados mediante la aplicación de Solver de Excel 2010