

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE ECONOMIA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES



LA ELASTICIDAD DE SUSTITUCION ENTRE LOS FACTORES  
PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA MAQUILADORA  
DE EXPORTACION DE MEXICO

Una Aplicación de la Función de Producción Translog

TESIS

QUE EN OPCION AL GRADO DE  
MAESTRO EN ECONOMIA  
PRESENTA

*Jorge Aurelio Ibarra Salazar*

MONTERREY, N. L.

JULIO DE 1990

TM  
Z716  
.E2  
FEC  
1990  
I2



1020073921



DIRECCION GENERAL DE  
ESTUDIOS DE POSTGRADO

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE ECONOMIA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES



## LA ELASTICIDAD DE SUSTITUCION ENTRE LOS FACTORES PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA MAQUILADORA DE EXPORTACION DE MEXICO

Una Aplicación de la Función de Producción Translog

### TESIS

QUE EN OPCION AL GRADO DE  
MAESTRO EN ECONOMIA  
PRESENTA

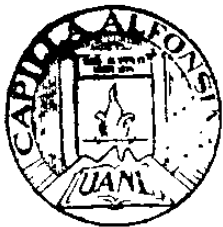
Jorge Aurelio Ibarra Salazar

MONTERREY, N. L.

JULIO DE 1990

ASESOR: LIC. MANUEL SILOS MARTINEZ

TM  
Z7174  
.  
FEc.  
1990  
I2



FONDO TESIS

6300L

A quienes siempre he tenido en mi corazón como el regalo más preciado que Dios me ha dado sin merecerlo:

Mi Padre

Sr. Jesús Alonso Ibarra Valdés

Mi Madre

Sra. Delia Salazar López

Mis Hermanos

Jesús, Javier, Gloria, Roxana, Elizabeth, Delia, Gilda

Mi Esposa

Ana Lucía Vargas de Ibarra

Mi Hija

Daniela Ibarra Vargas

## AGRADECIMIENTOS

La conclusión de esta etapa en mi desarrollo profesional, ciertamente ha representado la inversión de un buen número de horas de estudio y de trabajo, que sin el apoyo y colaboración de ciertas personas no hubiesen tenido la culminación en la presentación de esta investigación.

En primera instancia agradezco a mis maestros su dedicación y enseñanzas, aunque en particular el desarrollo de esta tesis se debe a los conocimientos que adquirí en las asignaturas con el Lic. Edgar López, Lic. Leoncio Durandeu y con el Lic. Manuel Silos. En especial agradezco la asesoría que recibí del Lic. Silos en el desarrollo de la investigación, así como los comentarios y sugerencias del Dr. Ernesto Quintanilla, del Lic. Alejandro Dieck y del Lic. Héctor Márquez. En la División de Estudios Superiores de la Facultad de Economía, agradezco la siempre buena disposición y amistad de la Sra. Magda de Medrano.

Al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, agradezco el apoyo financiero y las facilidades de que fui objeto en la realización de mis estudios y en especial a una persona por su valiosa amistad, sus consejos y su siempre incondicional apoyo. Me refiero al C.P. David N. Ramírez, Director de la División de Administración y Ciencias Sociales del ITESM. Tengo en realidad una deuda impagable con Usted.

Agradezco también al Lic. Jorge Velasco, Lic. Pedro Meouchi y a Ramón Blancas su colaboración en el desarrollo de la investigación.

A mis grandes amigos, Lic. Guillermo González, Lic. Felipe Reséndez, Lic. Max Garza y Lic. Román de la Fuente, agradezco su apoyo moral en mi realización profesional y humana.

Creo que en especial quien más se angustió y dedicó más tiempo en mis estudios fue mi esposa. A ella y a mi hija mi eterno agradecimiento por su comprensión y apoyo.



## I N D I C E

	Pág.
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
<b>2. EL MODELO TRANSLOG .....</b>	<b>18</b>
<b>3. EL METODO DE ESTIMACION .....</b>	<b>22</b>
<b>4. LA INFORMACION .....</b>	<b>26</b>
i). La Medición de los Factores Productivos y los Costos de Producción .....	<b>31</b>
ii). La Agregación de la Información .....	<b>37</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>6. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>63</b>
 <b>APENDICES.</b>	
<b>Apéndice 1:</b> La Homogeneidad de la Función de Producción Translog .....	<b>70</b>
<b>Apéndice 2:</b> La Elasticidad de Sustitución para una Función de Producción Translog.....	<b>72</b>

<b>Apéndice 3:</b>	Programa en BASIC para Calcular las Elasticidades de Sustitución Entre Factores Productivos a Partir de la Función de Producción TRANSLOG de tres Factores .....	<b>75</b>
<b>Apéndice 4:</b>	El Concepto de Separabilidad Débil, la Elasticidad de Sustitución y la Agregación Entre Factores Productivos .....	<b>78</b>
<b>Apéndice 5:</b>	Números Índices Divisia .....	<b>82</b>

## INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla #1	Consideraciones Generales de Estudios Seleccionados en los que se Aplicó la Forma Funcional Translog.	16
Tabla #2	Consideraciones Sobre Medición de Factores y Costos de Estudios Seleccionados.	39
Tabla #3	Costos de Producción para la Industria Maquiladora de Exportación en México.	44
Tabla #4	Personal Ocupado en la Industria Maquiladora de Exportación en México.	45
Tabla #5	Participaciones de Sueldos y Salarios de Empleados, Obreros y Técnicos en el Costo de Trabajo de la Industria Maquiladora de Exportación en México.	46
Tabla #6	Participaciones en Costos Totales del Trabajo, Capital y Materiales, para la Industria Maquiladora de Exportación en México.	47
Tabla #7	Indices de los Factores Productivos para la Industria Maquiladora de Exportación en México.	48
Tabla #8	Parámetros Estimados con la Función Translog por el Método de Zellner para la Industria Maquiladora en México.	49
Tabla #9	Participación Relativa en Costos del Factor Trabajo y la Elasticidad de Sustitución entre Trabajo y Capital para la Industria Maquiladora en México.	56

Tabla #10	Elasticidades Parciales de Sustitución entre los Factores, Estimadas para la Industria Maquiladora de Exportación en México.	57
Tabla #11	Elasticidades Precio de las Demandas de los Factores Productivos, Estimadas para la Industria Maquiladora de Exportación en México.	58

## NOMENCLATURA

<b>C</b>	Costo de Producción
<b>Ck</b>	Costo del Factor Capital
<b>CL</b>	Costo del Factor Trabajo
<b>CM</b>	Costo de los Materiales
<b>Ekk</b>	Elasticidad Precio Directa de la Demanda de Capital
<b>Ekm</b>	Elasticidad Precio Cruzada entre Capital y Materiales
<b>Ell</b>	Elasticidad Precio Directa de la Demanda de Trabajo
<b>Elk</b>	Elasticidad Precio Cruzada entre Trabajo y Capital
<b>Elm</b>	Elasticidad Precio Cruzada entre Trabajo y Materiales
<b>Emm</b>	Elasticidad Precio Directa de la Demanda de Materiales
<b>fk</b>	Producto Marginal del Capital
<b>fl</b>	Producto Marginal del Trabajo
<b>fm</b>	Producto Marginal de los Materiales
<b>K</b>	Indice del Factor Capital
<b>L</b>	Indice del Factor Trabajo
<b>M</b>	Indice del Factor Materiales
<b>ln</b>	Logaritmo Natural
<b>Pk</b>	Precio del Factor Capital
<b>PL</b>	Precio del Factor Trabajo
<b>PM</b>	Precio del Factor Materiales
<b>q</b>	Producción
<b>SK</b>	Participación del Costo del Capital en el Costo Total
<b>SL</b>	Participación del Costo del Trabajo en el Costo Total
<b>SM</b>	Participación del Costo de Materiales en el Costo Total
<b>Tkm</b>	Elasticidad de Sustitución entre Capital y Materiales
<b>Tlk</b>	Elasticidad de Sustitución entre Trabajo y Capital
<b>Tlm</b>	Elasticidad de Sustitución entre Trabajo y Materiales
<b>Xk</b>	Capital
<b>XL</b>	Trabajo
<b>XM</b>	Materiales

## INTRODUCCION.

La Industria Maquiladora de Exportación en México en los últimos años, sobre todo a partir de 1983, ha experimentado un importante crecimiento en la producción, en el valor real de los insumos empleados y en el empleo. De hecho, se considera que una de las principales ventajas del establecimiento de maquiladoras en nuestro país, adicional a la transferencia de tecnología, es la generación de empleos que en una economía con el objetivo de alcanzar un crecimiento estable con niveles de inflación comparables con las internacionales, ésto representa bondades considerables. Sin embargo, y a pesar de que los empleos generados en dicha industria han crecido a una tasa de 19% promedio en los últimos cinco años, tal tendencia ha constituido un alivio marginal al problema de desempleo en nuestro país. No podemos esperar, por otro lado, que este sector de la economía resuelva las deficiencias en la generación de empleos de todo el país.

Ante esta tendencia en la generación de empleos en la maquiladora, cabe preguntarnos si en el futuro seguirá siendo un sector con la capacidad y trayectoria mostrada hasta el presente en cuanto a empleos se refiere; qué factores pueden influir negativa o positivamente en la generación de empleos y qué mecanismos o acciones pueden hacer que los beneficios de la Industria Maquiladora sean mayores y se reflejen en otros sectores de la Industria Nacional.

Es de esperarse que en una industria creciente y en gestación, los factores productivos empleados se muevan en la misma dirección, dado que al iniciar el proceso, se tiene que operar generalmente cierto equipo o acervo de capital que lógicamente necesita combinarse con mano de obra y materiales para producir un producto final. En este sentido es que los factores productivos aparentan ser complementarios, y las demandas relativas de factores no parecen responder ante cambios en los precios relativos de los mismos.

Al parecer, este resultado sería evidente también en un período de corto plazo en el que la composición de materiales para un producto final no se puede modificar en forma importante, con el objeto de cambiar la mezcla contenida en el mismo. El acervo de capital, en este período, no podría ser modificado para convertirse en ahorrador de materiales o trabajo al aumentar los precios de estos factores.

El resultado esperado al final de cuentas, es que en el corto plazo las posibilidades de sustitución entre materiales y trabajo, respecto al capital fuesen más limitadas en comparación con un período de largo plazo, con lo que aumentos en los precios de la mano de obra y materiales representarían, en el corto plazo, aumentos directos en los costos de producción. Esperaríamos que en el largo plazo, los factores capital-trabajo y capital-materiales tuviesen mayores posibilidades de sustitución, ya que en ese período de tiempo es posible implementar, si acaso, maquinaria y equipo que pueda ser ahorrador de mano de obra o materiales, ante el movimiento a la alza en los precios de estos factores.

En esta forma, resulta de especial interés la estimación de un indicador que nos muestre las posibilidades de absorción de mano de obra en la Industria Maquiladora de México, en cuanto al efecto que los cambios en precios relativos del trabajo en relación a los otros factores puede tener en la demanda relativa de mano de obra en relación tanto al capital como a los materiales. Así mismo, es importante conocer la forma en que las demandas relativas de factores (capital-trabajo, capital-materiales) responden a cambios en los precios relativos de los mismos, para estar en posición de predecir los impactos sobre los costos de producción en la Industria Maquiladora de Exportación en México.

Para responder a lo anterior, se establecieron los siguientes objetivos:

- a). Estimar una función de producción TRANSLOG para la Industria Maquiladora de Exportación en México haciendo una combinación de datos en series de tiempo con corte transversal.
- b). Calcular las elasticidades de sustitución entre los factores productivos; trabajo, capital y materiales en la Industria Maquiladora de Exportación en México.

Como los resultados estimados con respecto a las elasticidades de sustitución entre los factores productivos para la Industria Maquiladora de Exportación en México son de largo plazo, por combinar datos en series de tiempo con corte transversal (Griffin J. y Gregory P.;1976) , se establecen las siguientes hipótesis, respecto a las relaciones esperadas entre los factores:

- a). El factor trabajo y capital son factores sustitutos, por lo que se esperaría en un período de largo plazo, que ante aumentos en el precio relativo del trabajo en

relación al capital, la Industria Maquiladora tendiese al uso de equipo ahorrador de mano de obra, con lo que el capital desplazaría al trabajo en dicha industria, lo que a su vez revierte la tendencia en absorción de mano de obra. Sin embargo, en la medida que el capital sea más caro en relación al trabajo o que el trabajo sea más barato en relación al capital, se esperaría que la Industria Maquiladora fuera más intensiva en el empleo de mano de obra. Lo anterior es considerando al margen el crecimiento natural de este segmento de la industria.

- b). Los materiales y el capital son factores sustitutos. Las implicaciones de esta relación entre los materiales y el capital son semejantes a las descritas para la mano de obra, por lo que se esperaría que la industria implementara equipo ahorrador de materiales, en la medida que los mismos muestren una tendencia a la alza en sus precios en relación con el capital.
- c). Los materiales y el trabajo son factores complementarios. Esto significa que ante aumentos en los precios de los materiales para producción, ceteris páribus, la forma de compensar o reducir el impacto sobre los costos de producción se encuentra en la creación o implementación de capital ahorrador de materiales, y no en la reducción del empleo en la Industria Maquiladora.

Las principales limitaciones de esta investigación son:

- a). Se supone la existencia de rendimientos constantes a escala en el proceso productivo de la Industria Maquiladora, tal como se muestra en el desarrollo de la función de producción TRANSLOG a estimar.
- b). Las desviaciones o errores en la estimación de la función de producción, son desviaciones del objetivo de maximización de utilidades en la Industria Maquiladora.
- c). No se prueba la validez de agregación en la medición de los factores, pues la información disponible no lo permite. Sin embargo, se hace una discusión de los problemas de agregación. Así mismo, se presentan diversas formas de medir los



factores productivos considerados y en la medida que la información lo permite, se siguen dichas metodologías.

- d). No se prueba la existencia de separabilidad en la función de producción, ya que es un aspecto muy relacionado con la agregación de los factores productivos. Esto significa aceptar a priori la agregación de los factores productivos en trabajo, capital y materiales. Al igual que con los problemas de agregación, se discute la forma de probar la existencia de índices de agregación consistentes para los factores productivos.
- e). No se analizará el efecto del cambio tecnológico en la Industria Maquiladora sobre los procesos productivos, de tal forma que de existir, se supone que dicho cambio tecnológico es neutral, esto es, no afecta las demandas relativas de factores ni las tasas marginales de sustitución técnica entre ellos.

La tesis está compuesta por seis capítulos, bibliografía y cinco apéndices. En el primer capítulo; se presentan referencias seleccionadas de estimaciones de funciones de producción y/o costos TRANSLOG, que representan los antecedentes. En el segundo capítulo; se desarrolla el modelo TRANSLOG, derivando el sistema de ecuaciones a estimar, para en el capítulo tercero, describir el método de estimación empleado. En el cuarto capítulo; se discuten la forma en que se manejó la información y la forma en que se miden los factores productivos, haciendo también algunos comentarios referentes a la agregación de la información. En el capítulo quinto y sexto, se analizan los resultados de la estimación y se presentan las conclusiones, respectivamente.

## 1. ANTECEDENTES.

En 1928 Cobb Ch. y Douglas P. publicaron "Una Teoría de Producción" en donde se especifica una función de producción neoclásica en la que se relaciona el producto con los servicios de los factores de trabajo y capital.

Para 1961 Arrow K., Chenery H., Mihas B. y Solow R. desarrollaron y probaron una función de producción con elasticidad de sustitución constante, mejor conocida como función de producción CES.

Estas aportaciones han sido empleadas para gran variedad de aplicaciones y se han estudiado en forma extensa. Sin embargo, parten de ciertas restricciones a priori o hipótesis mantenidas que pueden limitar el análisis de producción, sobre todo cuando se establecen funciones de producción con más de dos factores productivos. Con funciones multi-factores Cobb-Douglas o CES se supone separabilidad fuerte entre los factores, lo que es equivalente a suponer que se satisfacen las condiciones para la existencia de índices de agregación consistentes para los factores trabajo y capital, por ejemplo. Esto se relaciona con el supuesto de elasticidad de sustitución constante entre factores implicado en las formas funcionales Cobb-Douglas y CES.

El reconocimiento de estas limitaciones ha motivado la generación de investigaciones sobre formas funcionales más generales, lo que ha conducido al desarrollo de dos formas funcionales, principalmente, que no imponen restricciones de separabilidad entre factores a priori, vgr. sobre las elasticidades de sustitución entre factores. Diewert W. (1971) propuso la función de producción Leontief generalizada, la cual es una función cuadrática con un número arbitrario de factores productivos y se reduce a la función de producción Leontief (razones fijas de factores) como caso especial. Christensen L., Jorgenson D. y Lau L. (1973) propusieron la función de producción logarítmica trascendental (TRANSLOG) que incluye términos lineales y cuadráticos con un número arbitrario de factores y se pueden reducir, como caso especial, a una función Cobb-Douglas con el número de factores correspondiente.

Dado que se propuso como objetivo de esta tesis la estimación de una función TRANSLOG, se presentan a continuación los resultados y la metodología de algunos estudios que se han realizado aplicando esta forma funcional, haciendo énfasis en aquello que sea de interés para esta aplicación.

Berndt E. y Christensen L. (1973) utilizan la función de producción TRANSLOG para investigar la validez de agregación respecto al equipo y estructuras para medir el factor capital en la Industria Manufacturera de Estados Unidos para el período 1929-68.

Ellos estiman la función de producción empleando tres factores productivos; equipo, trabajo y estructuras. La desagregación del equipo y las estructuras permite probar las posibilidades de sustitución entre equipo, estructuras y trabajo y como consecuencia analizar la validez de agregación para el factor capital en la Industria Manufacturera. Las posibilidades de sustitución entre los factores (estructuras, equipo y trabajo) se determinaron calculando las elasticidades parciales de sustitución entre los mismos, a través de los parámetros estimados con la función de producción TRANSLOG.

En este caso se utilizan cuatro métodos de estimación para la función de producción; mínimos cuadrados ordinarios (OLS), mínimos cuadrados de dos etapas (2SLS), mínimos cuadrados de tres etapas iterativas (I 3SLS) y el método iterativo de Zellner (IZEF). Los resultados encontrados indican que el equipo y las estructuras son sustituibles en mayor grado entre sí, que con respecto al factor trabajo.

La estimación de la elasticidad de sustitución entre equipo y estructuras varía entre 4.39 y 8.38, mientras que la elasticidad de sustitución para equipo-trabajo y estructuras-trabajo varía de 1.22 a 1.79. Con pruebas estadísticas, no se puede rechazar la hipótesis de que las elasticidades de sustitución estructuras-trabajo y equipo-trabajo sean iguales. Esto significa que existe un índice de agregación consistente de equipo y estructuras para la Industria Manufacturera en Estados Unidos.

Por otro lado, se rechaza la hipótesis de que la elasticidad de sustitución entre equipo y estructuras sea igual a la estimada para equipo-trabajo o estructuras-trabajo. Esto significa que no existe un índice de agregación consistente entre equipo y trabajo o estructuras y trabajo.

Berndt E. y Christensen L. (1974) estimaron una función de producción para la Industria Manufacturera de Estados Unidos considerando el período 1929-1968, con el objeto de probar la existencia de un índice de agregación consistente para el factor trabajo. Para cumplir con este objetivo, los factores productivos considerados fueron; trabajadores relacionados al proceso productivo, trabajadores no relacionados al proceso productivo y capital. La desagregación del trabajo es precisamente para probar la validez de su agregación.

Si acaso existe el índice de agregación consistente para el factor trabajo, entonces las elasticidades de sustitución trabajo productivo-capital y trabajo no-productivo-capital deben ser iguales.

Con los resultados de este estudio se rechaza la hipótesis de que las elasticidades de sustitución trabajo productivo-capital y trabajo no productivo-capital sean iguales, dado que la primera es mayor que la segunda.

Durante el período 1959-68, las elasticidades de sustitución promedio estimadas fueron; 3.72 para trabajo productivo-capital, -3.77 para trabajo no-productivo-capital, y 7.88 para trabajo productivo-trabajo no-productivo.

Se concluye como consecuencia que a pesar de que los dos tipos de trabajo (productivo y no-productivo) son altamente sustituibles, no hay forma de agregarlos consistentemente; que el trabajo no-productivo y el capital son complementarios, mientras que el trabajo productivo y el capital son sustitutos. El método de estimación para este caso fue el de tres etapas iterativo (I 3SLS).

Binswanger H. (1974) emplea una función de costos TRANSLOG para estimar las elasticidades de las demandas derivadas y elasticidades de sustitución entre factores productivos para el sector agrícola de los Estados Unidos, con información de corte transversal para 39 Estados en 1949, 1954, 1959 y 1964.

Al estimar la función de costos aplica una forma para evitar el sesgo causado por

diferencias en cambio tecnológico entre los Estados y con el paso del tiempo. Los resultados encontrados implican que el trabajo y los fertilizantes, así como la maquinaria y los fertilizantes son complementarios. Así, la relación entre los fertilizantes y el factor trabajo, indica que se puede fomentar el empleo en el sector agrícola a través del fomento en el uso de fertilizantes.

La relación entre el trabajo y la tierra, maquinaria-tierra y fertilizantes-tierra es de sustitución. A este respecto se esperaba encontrar que la tierra y los fertilizantes fuesen los mejores sustitutos, comparando la relación del factor tierra con los otros factores. Sin embargo, sorprendió encontrar que la maquinaria es mejor sustituto de la tierra que el factor trabajo, esto es, la elasticidad de sustitución entre la maquinaria y la tierra es mayor que la estimada entre el trabajo y la tierra. Las elasticidades de sustitución estimadas en este caso, fueron: trabajo-tierra .204, maquinaria-tierra 1.22 y fertilizantes-tierra 2.987.

Burgess D. (1974) trabaja con una función de costos TRANSLOG agregada para la economía de los Estados Unidos en el período 1929-69, empleando el método iterativo de Zellner (IZEF), con el propósito de estimar la demanda por importaciones de ese país en una forma no-convencional. En este sentido, especifica la función de costos como;

$$C = C(Y_i; W_j)$$

donde;

$Y_i$  = Productos, divididos en bienes de consumo y bienes de inversión.

$W_j$  = Precio de los factores productivos, divididos en trabajo, capital e importaciones.

De esta forma, se asume que la tecnología está definida por una función de costos conjunta y que el sector productivo combina capital con trabajo y materiales importados, con el objeto de minimizar los costos de producir una combinación específica de bienes de consumo y de inversión, que son comprados por consumidores domésticos o extranjeros.

Con estas consideraciones, se encuentra que mientras el capital y el trabajo son sustitutos (la elasticidad de sustitución promedio es 1.15) y que el trabajo y los materiales importados también son

sustituibles (la elasticidad de sustitución promedio es 2.1), el capital y los materiales importados son complementarios, ya que la elasticidad de sustitución entre estos factores en promedio fué -1.6.

Esto último implica que una política impositiva que aumente el precio del capital para los productores, traerá como consecuencia una reducción en la demanda por importaciones, lo que favorecería a la balanza de pagos. Además de esto, se encontró evidencia en contra de la hipótesis que postula que la tecnología es separable respecto a la partición entre factores y productos, con lo que la composición óptima de factores depende no solamente de los precios de los factores, sino que también de la composición de la demanda de los productos obtenidos con tales factores. Dicho de otra forma, se concluye que un cambio en la composición de los productos hacia bienes de consumo y menos bienes de inversión, aumentará la demanda por mano de obra y por lo tanto, reducirá la de capital y materiales importados, dados los precios de los factores.

Berndt E. y Wood D. (1975) analizan principalmente las posibilidades de sustitución entre el factor energía y los factores productivos trabajo, capital y materiales intermedios en la Industria Manufacturera de Estados Unidos para el período 1947-1971. Para ello calculan las elasticidades parciales de sustitución entre los factores productivos a través de la estimación de una función de costos TRANSLOG. El método de estimación empleado para la función de costos es el iterativo de tres etapas (I 3SLS).

El interés por determinar las posibilidades de sustitución entre el factor energía y los factores trabajo, capital y materiales, se apunta a continuación:

"Si la energía y el capital son sustituibles, *ceteris páribus*, mayores precios del factor energía harán que aumente la demanda por bienes de capital nuevos. Si la energía y el capital son complementarios, *ceteris páribus*, mayores precios de la energía reducirán su demanda y la demanda de equipo y nuevas plantas. En general, si se encontrase que las posibilidades de sustitución entre el factor energía y los factores no energéticos fuese extremadamente limitada, esperaríamos que los ajustes de la industria a mayores precios de la energía serían difíciles; que los costos promedio aumentarían en forma considerable; que la composición de la producción se desplazaría a productos no-intensivos en energía; y que se requerirían cambios significativos en la estructura tecnológica". (Berndt-Wood; 1975, pp. 259-260).

El principal hallazgo en este estudio es la evidencia de que existen posibilidades de

sustitución entre el factor energía y los otros factores productivos, pero con ciertas limitaciones.

Específicamente, se encontró que;

- 1). La elasticidad precio directa de la demanda por energía tiene un valor aproximadamente de -0.5.
- 2). El factor energía y trabajo son poco sustituibles, pues la elasticidad parcial de sustitución entre estos factores es 0.65.
- 3). La energía y el capital son complementarios, ya que la elasticidad parcial de sustitución es -3.2 en promedio del período considerado, y
- 4). La elasticidad parcial de sustitución entre el factor trabajo y capital es 1.01 en el período bajo estudio.

En este trabajo se consideró adicionalmente, la validez de la especificación de valor agregado y se encontró que los datos no soportan dicha especificación.

Humprey D. y Moroney J. (1975) presentan estimaciones de las elasticidades parciales de sustitución entre los factores productivos capital, trabajo y recursos naturales para la Industria Manufacturera de Estados Unidos en 1963.

Estos cálculos de corte transversal los realizan a través de dos formas alternativas; la estimación de una función de producción TRANSLOG y la estimación de una función de costos TRANSLOG, esto es con el fin de hacer comparaciones entre las elasticidades de sustitución estimadas por medio de cada una de esas formas.

El método de estimación para los parámetros de las funciones de producción y costos es el de Zellner iterativo (IZEF).

En esta forma se encuentra que el factor trabajo, y en menor grado el capital, son sustituidos por los recursos naturales para la mayoría de las ramas industriales en la Industria Manufacturera en

Estados Unidos. Adicionalmente encuentran que tanto la función de producción como la de costos implican que el factor capital y el trabajo pueden ser analizados como separables funcionalmente de los recursos naturales.

Griffin J. y Gregory P. (1976) combinaron datos de series de tiempo para los años 1955, 1960, 1965 y 1969 para nueve países (corte transversal), como fueron; Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Reino Unido, Estados Unidos, Noruega y Holanda, con el objeto de estimar la elasticidad de sustitución entre los factores productivos de la Industria Manufacturera de esos países y para esos años. El principal interés de este estudio es el de estimar la elasticidad de sustitución entre el factor energía y el capital, para realizar comparaciones con otras investigaciones a este respecto que llevaron a cabo Berndt-Wood (1975) y Hudson-Jorgenson (1974), en las que se concluye que la energía es complementaria del capital. Para calcular las elasticidades de sustitución, se estimó una función de costos TRANSLOG en la que se supone separabilidad débil respecto al precio de los materiales debido a la deficiencia de la información de esta variable entre los países.

En esta forma las variables consideradas son los precios de la energía, el trabajo y el capital. El método de estimación empleado es el iterativo de Zellner (IZEF).

Los resultados encontrados muestran que el capital y la energía son factores sustitutos (la elasticidad de sustitución entre energía y capital es 1.03 en promedio), lo que aparentemente difiere con las conclusiones de Berndt-Wood y Hudson-Jorgenson, mientras que la elasticidad de sustitución promedio entre trabajo y capital fue .39 y entre trabajo y energía .83.

Para explicar las diferencias entre las elasticidades de sustitución de los factores energía-capital, respecto a los resultados de Berndt-Wood y Hudson-Jorgenson se utiliza el siguiente razonamiento;

"Para el equipo de capital existente, el servicio de energía por hora para el capital parece permanecer constante. En esta forma no será sorprendente que mayores precios en la energía induzcan a emplear mayores cantidades de los factores trabajo y materiales con la correspondiente reducción en la utilización del capital, en el corto plazo. En otras palabras, las funciones de costos en el corto plazo muestran a la energía y trabajo, y a la energía y los materiales como factores sustitutos, mientras que a la energía y el capital como factores complementarios. Por otro lado, en el largo plazo se puede esperar que el capital y la energía sean sustitutos, dado que es posible el diseño de equipo nuevo para desarrollar mayor eficiencia térmica, pero a mayor costo de capital. La



literatura ingenieril está repleta de dichos ejemplos". (Griffin-Gregory; 1976, pp. 846).

Dado que la información empleada es una combinación de series de tiempo y corte transversal entre países, las elasticidades obtenidas son de largo plazo pues se puede captar el reflejo de ajustes de largo plazo al existir diferencias entre los precios de los factores entre los países debido a tarifas, impuestos o políticas de subsidio (Ibid, pp. 846-847).

Halvorsen R. (1977) examinó el efecto de los cambios en precios relativos de los energéticos sobre los cambios en la composición del consumo de energía en la Industria Manufacturera de los Estados Unidos, considerando la energía eléctrica, gas natural, petróleo y carbón. Para ésto se estiman sistemas de ecuaciones de demanda por energéticos para cada industria en las manufacturas a partir de la Clasificación Industrial Estándar (SIC), a través de una función de costos TRANSLOG empleando datos de corte transversal entre Estados, para 1971 y el método iterativo de Zellner (IZEF) en la estimación.

Además de estimar las elasticidades de la demanda de energía, se prueba estadísticamente la validez del supuesto de separabilidad débil entre los factores, en aquellas industrias con información disponible para este propósito.

Los resultados en esta investigación muestran una variación considerable entre industrias, respecto a las elasticidades precio-directas de los diferentes energéticos: para la energía eléctrica, éste indicador varía de -0.124 a -1.096; para el petróleo, de -1.151 a -4.3; para el gas natural, de -0.425 a -2.134; y para el carbón, de -0.656 a -2.531.

Por otro lado, las estimaciones de las elasticidades precio-cruzada, también muestran variaciones considerables y la relación entre los diferentes tipos de energéticos parece ser predominantemente de sustitución, en lugar de ser complementarios en la producción.

Pindyck R. (1979) estimó una función de costos TRANSLOG, combinando información de series de tiempo (1963-73) con corte transversal para 10 países; Canadá, Francia, Italia, Japón, Noruega, Holanda, Suecia, El Reino Unido, Los Estados Unidos y Alemania del Este, a través del método iterativo de Zellner.

El modelo se especifica como:

$$C = G (g(P_k, PL, PE (Pf_1, Pf_2, Pf_3, Pf_4), Q); PM, Q)$$

Se supone separabilidad débil de los materiales (M) respecto al capital (K), mano de obra (L) y energía (E), debido a la falta de información para construir un índice de precios correspondiente al factor materiales.

Esta ecuación es estimada en etapas. Primero se representa el precio de la energía (que es el costo unitario de la energía para el productor, que emplea diferentes insumos energéticos) con una función de costos TRANSLOG con rendimientos constantes a escala, que al estimarse proporciona elasticidades precio-directas y precio-cruzadas de las cuatro categorías o tipos de energía, a saber, carbón, petróleo, gas y electricidad (Pf<sub>1</sub>, Pf<sub>2</sub>, Pf<sub>3</sub>, Pf<sub>4</sub>). Además, con esta función se deriva una variable instrumental para el precio de la energía, que es empleada para estimar la ecuación de costos totales para la industria.

Los resultados encontrados respecto a las elasticidades de sustitución entre los factores, muestran que: el capital y la energía son sustitutos, ya que la estimación de este indicador entre los países considerados, varía de 0.36 a 1.77; la relación capital-trabajo y trabajo-energía es también de sustitución, pues la elasticidad de sustitución capital-trabajo varía de 0.64 a 1.43 y la correspondiente a trabajo-energía, entre 0.05 y 1.23. Dada la forma en que se estimó el modelo, combinando datos de series de tiempo con corte transversal, estas estimaciones son consideradas de largo plazo.

Moroney J. y Trapani J. (1981) analizaron las posibilidades de sustitución entre factores productivos (capital, trabajo y recursos naturales) en seis ramas industriales intensivas en el uso de recursos naturales de Estados Unidos para el período de 1954 a 1974.

Dado que el costo de algunos minerales ha aumentado en forma importante en los últimos años y que existe poca evidencia de progreso tecnológico en el sector industrial, la conservación de los recursos naturales empleados en la producción de dicho sector se ha convertido en un tema de interés científico (Moroney-Trapani; 1981, pp. 272). Ante esto existen tres opciones para conservar los recursos naturales (insumos de la industria intensiva en el uso de ellos); la sustitución de los recursos citados por trabajo o capital, progreso tecnológico neutral o ahorrador de recursos que

reduzca su requerimiento por unidad de producto y la sustitución en los productos finales o intermedios que utilicen menor cantidad de recursos naturales.

El objetivo en este trabajo es el de investigar las posibilidades de sustitución entre factores en ausencia de progreso tecnológico, como una posibilidad de conservación de los mismos. Para cumplir con tal objetivo, se estimó una función de costos TRANSLOG, por el método iterativo de Zellner (IZEF) y se calcularon las elasticidades de sustitución entre factores, y adicionalmente dichas estimaciones se emplearon para simular la tendencia en los precios de los productos y la demanda de factores en un esquema de escasez de recursos naturales.

Los resultados muestran al capital y los recursos naturales como sustitutos cercanos del factor trabajo en todas las industrias; se encontró también que el capital y los recursos naturales son sustitutos en sólo dos industrias.

Los parámetros estimados se emplearon para simular los cambios en los precios de los productos y en las demandas compensadas de factores para un período de 15 años en el cual se establece una hipótesis de relativa escasez de recursos naturales. A este respecto se concluye que los rápidos aumentos en los precios de los recursos se trasladan a los precios del producto final y la sustitución entre factores no representa una solución definitiva a esta tendencia.

Con estos resultados, parece ser que la forma más loable de conservación de recursos naturales en las industrias analizadas es la sustitución en los materiales semiterminados y los cambios en demanda final.

Braeutigam R., Daughety A. y Turnquist M. (1982) estimaron una función de costos TRANSLOG de corto plazo para una empresa ferrocarrilera en Estados Unidos, con información de series de tiempo mensual para nueve años. En esta forma, fue posible incorporar en el modelo información de ingeniería respecto a la tecnología de la empresa. Los datos mensuales de carros-milla de bienes trasladados, precios de factores variables y una medida de factores fijos, se combinaron con los resultados de un procedimiento para obtener la velocidad promedio del servicio para así estimar la función de costos y calcular las elasticidades precio de la demanda de los factores productivos (combustible, trabajo y equipo), así como las elasticidades de sustitución.

Los resultados muestran que las demandas de los factores en el período bajo estudio, son

inelásticas; la elasticidad precio del combustible fue -0.5306, la del trabajo -0.2761 y la del equipo -0.2626. Las elasticidades de sustitución estimadas fueron; 0.8126 entre trabajo y combustible, 0.8184 entre el equipo y el combustible y, -0.0445 entre el trabajo y el equipo.

**TABLA # 1: CONSIDERACIONES GENERALES DE ESTUDIOS SELECCIONADOS EN LOS QUE SE APLICO LA FORMA FUNCIONAL TRANSLOG\***

AUTORES	MANEJO DE INFORMACION	TIPO DE FUNCION ESTIMADA	RESULTADOS PRINCIPALES
Berndt E. Christensen L. (1973)	Series de Tiempo 1929-68 para la Industria Manufacturera.	Función de Producción $q = f(K_i, K_j, L)$ .	$(K_i; K_j), (K_i \text{ ó } K_j; L) =$ Sustitutos.
Berndt E. Christensen L. (1974).	Series de Tiempo 1929-68 para la Industria Manufacturera.	Función de Producción $q = f(L_i, L_j, K)$ .	$(L_i; K) =$ Complementarios. $(L_j; K), (L_i; L_j) =$ Sustitutos.
Binswanger H. (1974)	Combinación de Series de Tiempo (1949, 1954), 1959 y 1964) con Corte Transversal para 39 Regiones en el Sector Agrícola.	Función de Costos. $C = f(PT, P, L, PR, PF, PX)$ .	$(L; F), (R; F) =$ Complementarios. $(L; T), (R; T), (F; T) =$ Sustitutos.
Burgess D. (1974)	Serie de Tiempo 1929-69 para la Economía de Estados Unidos.	Función de Costos. $C = f(PL, PK, PI)$ .	$(L; K), (L, I) =$ Sustitutos. $(K, I) =$ Complementarios.
Berndt E. Wood D. (1975).	Series de Tiempo 1947-71 para la Industria Manufacturera.	Función de Producción. $q = f(K, L, E, M)$ .	$(K; L), (K; M), (L; E),$ $(L; M), (E; M) =$ Sustitutos. $(K; E) =$ Complementarios.

AUTORES	MANEJO DE INFORMACIÓN	TIPO DE FUNCIÓN ESTIMADA	RESULTADOS PRINCIPALES
Humprey D. Moroney J. (1975)	Corte transversal en 1963 para la Industria Manufacturera de 2 Dígitos.	Función de Producción $q = f(K, L, N)$ .	(K; L), (K;N), (L;N) = Sustitutos.
Griffin J. Gregory P. (1976)	Combinación de series de tiempo (1955, 1960, 1965 y 1969) con corte transversal para la Industria Manufacturera de 9 países.	Función de Costos $C = f(P_k, PL, PE)$ .	(K;L), (K;E), (L;E) = Sustitutos.
Halvorsen R. (1977).	Corte transversal en 1971 para la Industria Manufacturera de 2 Dígitos.	Función de Producción. $q = f(E_i, X)$	(E <sub>i</sub> ; E <sub>j</sub> ) = Sustitutos.
Pindyck R. (1979).	Combinación de Series de Tiempo (1963-73) con Corte Transversal para 10 Países.	Función de Producción. $q = f(K, L, E_i, M)$	(K;L), (K; E), (L; E) = Sustitutos. (E <sub>i</sub> ; E <sub>j</sub> ) = Resultados Combinados.
Moroney J. Trapani J. (1981)	Series de Tiempo (1954-74) para seis ramas industriales que utilizan recursos naturales.	Función de Costos. $C = f(P_k, PL, PN)$	(K; L) (N; L) = Sustitutos. (K; N) = Complementarios.

\* Ver también Chug J. (1987), pp. 412-413, que presenta referencias adicionales.

NOTAS:

K = capital, K<sub>j</sub> = tipos de capital, L = trabajo, L<sub>i</sub> = tipos de trabajo, E = energía.  
E<sub>j</sub> = tipos de energía, N = recursos naturales, X = otros factores, F = fertilizantes.  
T = tierra, M = materiales, R = maquinaria, I = insumos importados.

## 2. EL MODELO TRANSLOG.

Para estimar la función de producción que incorpora al trabajo, capital y materiales como factores productivos, se eligió una especificación general que no impusiera restricciones a priori en las elasticidades de sustitución, cuya estimación es el principal objetivo de este trabajo.

La función de producción logarítmica trascendental (TRANSLOG) (Christensen, Jorgenson & Lau; 1973) es una función cuadrática en los logaritmos de los factores productivos empleados, siendo una aproximación local de segundo orden a cualquier función de producción. Esta especificación permite que las proporciones de gasto en insumos a costo total, varíen con este último y permite también una gran variedad de patrones de sustitución entre los factores productivos en comparación con funciones basadas en elasticidades de sustitución constante como pueden ser las funciones Cobb-Douglas, elasticidad de sustitución constante (CES) y Leontief.

Adicionalmente, ésta forma funcional no impone la restricción de separabilidad en los factores productivos a priori, con lo que es posible probar la existencia de índices de agregación consistentes para los factores.

La función de producción TRANSLOG para tres factores se especifica de la siguiente manera;

$$(1) \quad \ln q = \ln a_0 + \sum_i a_i \ln X_i + 1/2 \sum_i \sum_j b_{ij} \ln X_i \ln X_j$$

donde;

$$i, j = L, K, M$$

L = TRABAJO

K = CAPITAL

M = MATERIALES

Expandiendo la expresión (1), llegamos a;

$$(2) \quad \ln q = \ln a_0 + a_L \ln X_L + a_K \ln X_K + a_M \ln X_M \\ + 1/2 b_{LL} (\ln X_L)^2 + b_{LK} \ln X_L \ln X_K + b_{LM} \ln X_L \ln X_M \\ + 1/2 b_{KK} (\ln X_K)^2 + b_{KM} \ln X_K \ln X_M + 1/2 b_{MM} (\ln X_M)^2$$

derivando la expresión (2), podemos obtener las funciones de producción marginal para cada factor. Sea  $f_L = \partial q / \partial L$ ,

$$\partial \ln Q / \partial \ln X_L = f_L * L / q = a_L + b_{LL} \ln X_L + b_{LK} \ln X_K + b_{LM} \ln X_M$$

con lo que el producto marginal para el factor trabajo y los factores restantes se pueden escribir como;

$$f_L = (a_L + b_{LL} \ln X_L + b_{LK} \ln X_K + b_{LM} \ln X_M) q/L \\ (3) \quad f_K = (a_K + b_{KK} \ln X_K + b_{KL} \ln X_L + b_{KM} \ln X_M) q/K \\ f_M = (a_M + b_{MM} \ln X_M + b_{MK} \ln X_K + b_{ML} \ln X_L) q/M$$

Si la función de producción (2) es linealmente homogénea, entonces los parámetros de la misma deben estar relacionados de la siguiente manera; (ver apéndice # 1).

$$(4) \quad a_L + a_K + a_M = 1 \\ b_{KK} + b_{KL} + b_{KM} = 0 \\ b_{KL} + b_{LL} + b_{LM} = 0 \\ b_{KM} + b_{LM} + b_{MM} = 0$$

Aplicando el teorema de Wold<sup>(1)</sup> para llegar a las funciones de demanda inversas ordinarias (Marshallianas) de los factores;

---

(1) Ver W.E. Diewert (1978); "Applications of Duality Theory", en Frontiers of Quantitative Economics, Intriligator y Kendrick (Editores) Vol. 2, North Holland. C. Blackorby, D. Primont y R. Russel (1978); "The Application of Duality Theory to Consumer Preferences and Production Technologies", en Duality, Separability and Functional Structure, North Holland, Cap. 2.



$$(5) \quad P_i / C = f_i / \sum_i X_i f_i \quad i = L, K, M$$

C= Costo de Producción  
P<sub>i</sub>= Precio del factor i

Sustituyendo las ecuaciones (3) que expresan las funciones de producción marginal para cada factor en (5) e imponiendo la restricción representada por (4), llegamos a;

$$(6) \quad \begin{aligned} X_L P_L / C &= a_L + b_{LL} \ln X_L + b_{Lk} \ln X_k + b_{LM} \ln X_M \\ X_k P_k / C &= a_k + b_{kk} \ln X_k + b_{kL} \ln X_L + b_{kM} \ln X_M \\ X_M P_M / C &= a_M + b_{MM} \ln X_M + b_{Mk} \ln X_k + b_{ML} \ln X_L \end{aligned}$$

donde;

$$\begin{aligned} X_L P_L / C = S_L &= \text{Participación del Costo del Factor Trabajo en el Costo Total.} \\ X_k P_k / C = S_k &= \text{Participación del Costo del Factor Capital en el Costo Total.} \\ X_M P_M / C = S_M &= \text{Participación del Costo del Factor Materiales en el Costo Total.} \end{aligned}$$

y dado que;

$$(7) \quad C = X_L P_L + X_M P_M + X_k P_k$$

entonces;

$$(8) \quad S_L + S_k + S_M = 1$$

Las expresiones descritas por (6) son las empleadas para propósitos de estimación de los parámetros de la función de producción TRANSLOG (2). Una vez estimados los parámetros de la función de producción, se pueden calcular las elasticidades parciales de sustitución definidas por Allen (1968). (ver apéndice # 2)

$$(9) \quad T_{ij} = \left( \sum_i f_i X_i / X_i X_j \right) F_{ij} / F \quad i, j = L, K, M$$

donde;

$$(10) \quad F = \begin{matrix} & 0 & f_k & f_L & f_M \\ f_k & f_{kk} & f_{kL} & f_{kM} \\ f_L & f_{Lk} & f_{LL} & f_{LM} \\ f_M & f_{Mk} & f_{ML} & f_{MM} \end{matrix}$$

y  $F_{ij}$  es el cofactor de  $f_{ij}$  en  $F$ .

Siguiendo el desarrollo de Berndt E. y Christensen L. (1973), la elasticidad de sustitución entre los factores productivos se puede calcular haciendo: (ver apéndice # 2)

$$(11) \quad T_{ij} = \frac{/G_{ij}/}{/G/}$$

donde  $G$  es el determinante de;

$$G = \begin{matrix} & 0 & S_K & S_L & S_M \\ S_K & b_{KK}+S^2_K-S_K & b_{KL}+S_K S_L & b_{KM}+S_K S_M \\ S_L & b_{KL}+S_K S_L & b_{LL}+S^2_L-S_L & b_{LM}+S_L S_M \\ S_M & b_{KM}+S_K S_M & b_{LM}+S_L S_M & b_{MM}+S^2_M-S_M \end{matrix}$$

y  $/G_{ij}/$  es el cofactor de  $G_{ij}$  en  $G$ .

### 3. EL METODO DE ESTIMACION.

Para propósitos de estimación del conjunto de ecuaciones descritas por (6), podemos escribir;

$$\begin{aligned}
 S_L &= a_L + b_{LL} \ln X_L + b_{LK} \ln X_K + b_{LM} \ln X_M + U_L \\
 (12) \quad S_K &= a_K + b_{KK} \ln X_K + b_{KL} \ln X_L + b_{KM} \ln X_M + U_K \\
 S_M &= a_M + b_{MM} \ln X_M + b_{MK} \ln X_K + b_{ML} \ln X_L + U_M
 \end{aligned}$$

donde;

$U_L$ ,  $U_K$  y  $U_M$  se refiere al error para cada ecuación.

Dado que  $S_L + S_K + S_M = 1$ , entonces para cada observación se debe cumplir que la suma de los errores de las tres ecuaciones debe ser cero ( $U_L + U_K + U_M = 0$ ). Esto muestra claramente la correlación que existe entre los errores de las ecuaciones, de tal forma que si se estimara cada ecuación por mínimos cuadrados ordinarios se obtendrían estimaciones consistentes e insesgadas, sin embargo, el reconocer en forma explícita la correlación entre los errores en el método de estimación resulta en que los parámetros estimados sean más eficientes.

A través del método de Zellner<sup>(2)</sup> se pueden estimar eficientemente los parámetros de (12) reconociendo explícitamente la correlación existente entre los errores de las ecuaciones. En este método, el sistema de ecuaciones se trata como una sola ecuación compuesta para ser estimada a través de mínimos cuadrados generalizados (GLS).

Para llegar a la ecuación compuesta partiendo de (12) es necesario definir nuevas variables, etiquetando las observaciones asociadas a cada ecuación.

---

(2) El método de Zellner se presenta en Pindyck R. y Rubinfeld D. (1976) Econometric Models and Economic Forecast. McGraw-Hill. Segunda Edición. pp. 331-334.

sea            SL de la observación      1   a N  
                  Sk de la observación    N+1 a 2N  
                  SM de la observación   2N+1 a 3N

La definición de variables a emplear, sería la siguiente:

### VALORES

<u>VARIABLE</u>	<u>PARAMETRO</u>	<u>1 a N</u>	<u>N+1 a 2N</u>	<u>2N+1 a 3N</u>
S*	-	SL	Sk	SM
A	bLL	lnXL	0	0
B	blK	lnXk	lnXL	0
C	bLM	lnXM	0	lnXL
D	bkk	0	lnXk	0
E	bkm	0	lnXM	lnXk
F	bMM	0	0	lnXM
	aL	1	0	0
	ak	0	1	0
	aM	0	0	1
errores;				
U*	-	UL	Uk	UM

Con esta notación, la ecuación compuesta se puede escribir como;

$$(13) S^* = a_L + a_k + a_M + b_{LL}A + b_{lK}B + b_{LM}C + b_{kk}D + b_{kM}E + b_{MM}F + U^*$$

que al estimarse por mínimos cuadrados generalizados nos proporciona parámetros eficientes, consistentes e insesgados.

Para propósitos de estimación de la ecuación (13) se realizó una combinación de datos de series de tiempo de 1981 a 1986 con corte transversal entre los Estados de la República donde principalmente se ubica la actividad de las maquiladoras en nuestro país. Esto es, Baja California Norte, Coahuila, Chihuahua, Sonora y Tamaulipas.

Las ventajas de este método de estimación son expuestas por Blair R. y Kraft J. (1974). Ellos estimaron la elasticidad de sustitución para la Industria Manufacturera de E.U. empleando la formulación de Arrow, Chenery, Minhas y Solow (1961), ésto es el modelo CES, combinando datos de series de tiempo con corte transversal y empleando el mismo método de estimación que se ha descrito en párrafos anteriores de este capítulo y que fue aplicado en la obtención de las elasticidades de sustitución para la Industria Maquiladora en México.

En las consideraciones sobre el método estadístico, apuntan que los datos de corte transversal a menudo están caracterizados por heteroscedasticidad, mientras que los datos de series de tiempo presentan autocorrelación. Estos problemas pueden ser eliminados realizando una doble transformación de los datos originales, ésto es, aplicando a la combinación de series de tiempo con corte transversal el método de Zellner, lo cual nos lleva a la estimación de un modelo que asintóticamente es no-autocorrelacionado y homoscedástico en sus errores.

Comparando sus estimaciones con otras<sup>(3)</sup> en las que se emplea el mismo modelo CES para estimar elasticidades de sustitución en las manufacturas, concluyen que sus resultados son más consistentes debido a la combinación de series de tiempo con corte transversal, que representa el uso de una muestra mucho mayor que en estudios anteriores, de tal forma que ésto por sí mismo mejora los resultados. Además encuentran que la aplicación del método de Zellner a esta información, conduce a estimaciones de la elasticidad de sustitución mucho mayores que en otras investigaciones, y en particular la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital.

---

(3) La comparación en el estudio referido es respecto a el método y resultado de: Ferguson, C.E. (1963) "Cross-Section Production Functions and the Elasticity of Substitution in American Manufacturing Industry" Review of Economics and Statistics, 45, pp. 305-313.

Esta última conclusión es importante respecto a los resultados encontrados para la Industria Maquiladora en México, pues se referirá más adelante como uno de los factores que pueden explicar el hecho de que la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital sea tan elevada, además de otros elementos que se discuten en el apartado correspondiente al análisis de los resultados.

Por otro lado, Binswanger H. (1974) también coincide en las ventajas del método de Zellner respecto a las consideraciones hechas al combinar datos de series de tiempo con corte transversal y sus efectos sobre la autocorrelación y la homoscedasticidad en la estimación.

#### 4. LA INFORMACION.

El desarrollo de Jorgenson D. y Griliches Z. (1967), sugiere principios para agregar correctamente los factores productivos y productos, para luego presentar criterios empleados en la medición de los mismos factores productivos.

Su punto de partida es;

$Y_i$  = Cantidad del "i" ésimo producto.

$X_j$  = Cantidad del "j" ésimo factor.

$q_i$  = Precio del "i" ésimo producto.

$P_j$  = Precio del "j" ésimo factor.

La identidad fundamental para cada período contable, es que el valor del producto sea igual al valor de los factores productivos;

$$(14) \sum_{i=1}^m q_i Y_i = \sum_{j=1}^n P_j X_j$$

diferenciando totalmente (14) respecto al tiempo llegamos a:

$$(15) \sum_{i=1}^m \dot{q}_i Y_i + \sum_{i=1}^m q_i \dot{Y}_i = \sum_{j=1}^n \dot{P}_j X_j + \sum_{j=1}^n P_j \dot{X}_j$$

donde;

$$\dot{Y}_i = d Y_i / dt, \quad \dot{q}_i = d q_i / dt, \quad \dot{X}_j = d X_j / dt, \quad \dot{P}_j = d P_j / dt$$

multiplicando el primer elemento a la izquierda del igual por  $q_i / q_i$ , el siguiente por  $Y_i / Y_i$ , y a la derecha multiplicando por  $X_j / X_j$  el primer elemento y por  $P_j / P_j$  el siguiente, llegamos a;

$$\sum_i q_i Y_i \frac{Y_i}{Y_i} + \sum_i Y_i q_i \frac{q_i}{q_i} = \sum_j P_j X_j \frac{X_j}{X_j} + \sum_j X_j P_j \frac{P_j}{P_j}$$

o bien;

$$\sum_i q_i Y_i \overset{\wedge}{Y_i} + \sum_i q_i Y_i \overset{\wedge}{q_i} = \sum_j P_j X_j \overset{\wedge}{X_j} + \sum_j P_j X_j \overset{\wedge}{P_j}$$

rearrgando términos, tenemos que;

$$\sum_i q_i Y_i \overset{\wedge}{[Y_i + q_i]} = \sum_j P_j X_j \overset{\wedge}{[X_j + P_j]},$$

donde el símbolo " $\wedge$ " representa cambios porcentuales, y dividiendo ambos lados

por  $\sum_i q_i Y_i = \sum_j P_j X_j$  de acuerdo a (14);

$$(16) \sum_i W_i \overset{\wedge}{[Y_i + q_i]} = \sum_j V_j \overset{\wedge}{[X_j + P_j]}$$

donde;  $W_i = q_i Y_i / \sum q_i Y_i$      $V_j = P_j X_j / \sum P_j X_j$

La expresión resultante en (16) es una identidad entre la suma ponderada de las tasas de crecimiento del producto con sus precios y la suma ponderada de las tasas de crecimiento de las cantidades de factores productivos con sus precios.



A partir de esta expresión se define el índice para la cantidad total de producto en términos del promedio ponderado de las tasas de crecimiento de los diferentes productos; denotando el índice del producto como  $Y$ , su tasa de crecimiento es:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \sum_i W_i \frac{\dot{Y}_i}{Y_i}; \quad \text{o bien;} \quad \hat{Y} = \sum_i W_i \hat{Y}_i$$

en forma análoga, el índice de cantidad del factor productivo agregado, tiene como tasa de crecimiento;

$$\frac{\dot{X}}{X} = \sum_j V_j \frac{\dot{X}_j}{X_j}; \quad \text{o bien;} \quad \hat{X} = \sum_j V_j \hat{X}_j$$

Estos índices para cantidades, son conocidos comúnmente como índices *divisia de cantidades*<sup>(4)</sup>. Los índices *divisia* para los precios del producto y los factores productivos, sean  $q$  y  $P$ , tienen tasas de crecimiento:

$$\frac{\dot{q}}{q} = \sum_i W_i \frac{\dot{q}_i}{q_i}; \quad \text{o bien;} \quad \hat{q} = \sum_i W_i \hat{q}_i$$

$$\frac{\dot{P}}{P} = \sum_j V_j \frac{\dot{P}_j}{P_j}; \quad \text{o bien;} \quad \hat{P} = \sum_j V_j \hat{P}_j$$

---

(4) Ver apéndice 5 en donde se definen y discuten algunas características de los índices *divisia*.

El índice de cantidad para el trabajo se calcula con la suma ponderada de las cantidades de cada tipo de trabajo (servicio), empleando la participación relativa del valor de cada tipo de trabajo en el valor total de los servicios del trabajo, como ponderador. Esto es;

$$X_L = \sum_z V_z X_{Lz} \quad \text{donde } z \text{ consiste en los diferentes tipos de trabajo y } V_z = \frac{P_{Lz} X_{Lz}}{\sum_z P_{Lz} X_{Lz}}$$

El índice de cantidad para el capital se calcula con la suma ponderada de las cantidades de cada tipo de servicio de capital, empleando las participaciones relativas del valor implícito del alquiler de cada tipo de capital en el valor implícito del alquiler total del capital, como ponderador. Esto es;

$$X_k = \sum_g V_g X_{kg} \quad \text{donde } g \text{ consiste en los diferentes tipos de capital y } V_g = \frac{P_{kg} X_{kg}}{\sum_g P_{kg} X_{kg}}$$

La medición del capital es menos directa en comparación con la del factor trabajo dado que el consumidor de los servicios de capital es también el oferente del servicio. Para encontrar el valor implícito del alquiler de cada categoría del factor capital, partimos de que;

$$\begin{aligned} K_k &= \text{Cantidad del "k" ésimo servicio del capital.} \\ q_k &= \text{Precio del "k" ésimo bien de inversión.} \\ p_k &= \text{Precio del "k" ésimo servicio de capital.} \end{aligned}$$

En ausencia de impuestos directos, el precio del servicio de capital satisface la relación (5);

---

(5) Ver también Branson y Litvack (1979) pp. 222-225.

$$P_k = q_k \left[ r + d_k - q_k \right]$$

donde  $r$  es la tasa de retorno del capital, o como lo llaman Branson y Litvack (1979), el costo de oportunidad del capital, o bien la tasa de interés ponderada con las diferentes fuentes de financiamiento empleadas en comprar los bienes de inversión,  $d_k$  es la tasa de reemplazo y  $q_k$  es la tasa de ganancia de capital.

El valor implícito del alquiler del "k" ésimo bien de capital es;

$$P_k K_k = q_k \left[ r + d_k - q_k \right] K_k$$

Así, para calcular índices de precio y cantidad para el capital, los precios y cantidades de cada categoría de capital se agregan, ponderando con la participación relativa del valor implícito del alquiler de cada servicio de capital respecto al valor de los servicios implícitos del alquiler del capital total.

Para llegar a ésto es necesario conocer y/o calcular:

- a). Valores transaccionales de los bienes de inversión nuevos y estos valores deben ser separados en precios y cantidades de bienes de inversión.
- b). El acervo de capital actual (número de máquinas), restando a la cantidad de bienes de inversión nuevos los bienes de inversión usados que se han reemplazado y agregando el acervo acumulado.
- c). La cantidad de servicios de capital (horas-máquina) correspondientes a cada acervo de capital.
- d). Los precios de los servicios de capital iniciando con los precios de los bienes de inversión nuevos.

La determinación de precios y cantidades para los servicios de las diferentes categorías de capital a partir de los valores transaccionales de los bienes de inversión nuevos depende de hipótesis empíricas respecto a la tasa de reemplazo de los bienes de inversión usados y respecto a la cantidad de servicios de capital que corresponden a un acervo determinado de capital. Es razonable establecer que los servicios del capital son proporcionales al acervo de capital y que el reemplazo de bienes de inversión es un evento recurrente, de tal forma que la proporción en que se reemplaza una inversión en un período de tiempo declina exponencialmente con el paso de éste.

Por último, para calcular la tasa de retorno del capital, al valor de la producción más las ganancias de capital se le resta el valor del factor trabajo y el valor del reemplazo. Esto es igual a la tasa de retorno multiplicada por el valor del acervo de capital acumulado, por lo tanto para obtener la tasa de retorno del capital, a esta cantidad se le divide por el valor del acervo de capital.

#### **i). La Medición de los Factores Productivos y los Costos de Producción**

La información necesaria para estimar (13) y de ahí aplicar (11) en el cálculo de las elasticidades parciales de sustitución entre los factores productivos de la Industria Maquiladora, es la que se refiere a las participaciones en costos totales de cada uno de los factores productivos y la referente al trabajo, capital y materiales.

Para obtener las participaciones en costos totales de cada uno de los factores, se dividió el costo de cada factor entre el costo total para cada año y en cada uno de los Estados de la República Mexicana considerados en la investigación. Dichas participaciones se presentan en la Tabla #6.

El costo del trabajo se midió a través de los sueldos, salarios y prestaciones; el costo de los materiales, a través de los gastos en materias primas y auxiliares sumando además los gastos en envases y empaques; y el costo del capital incluye los gastos en alquiler de maquinaria y equipo, renta de edificios y terrenos, energía eléctrica y los gastos relacionados con el mantenimiento de edificios y maquinaria.

De los renglones de costos considerados, merece especial explicación la medición del costo de capital para la Industria Maquiladora en su conjunto. Las cifras publicadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), referentes al valor agregado para esta industria incluyen; sueldos, salarios y prestaciones, insumos nacionales, gastos diversos y utilidades

y otros. En el renglón de gastos diversos se considera el alquiler de maquinaria y equipo, la renta de edificios y terrenos, la energía eléctrica, teléfono, telégrafo, telex, trámites aduanales, fletes y acarreos, mantenimiento de edificios y maquinaria y otros gastos.

Field B. y Grebenstein Ch. (1980) distinguen tres medidas del costo de capital con el objeto de explicar las diferencias en elasticidades de sustitución estimadas entre la energía y el capital para la Industria Manufacturera de los Estados Unidos. La primera medida o aproximación del costo de capital es la conocida como el enfoque del valor agregado, en el cual  $CKV = \text{valor agregado} - \text{sueños y salarios}$ , donde CKV se refiere al costo de capital. Este enfoque es empleado por Humprey D. y Moroney J. (1975), Griffin J. y Gregory P. (1976), Pindyck R. (1979), Moroney J. y Trapani J. (1981) y Binswanger H. (1974) para cuantificar el costo del capital. La segunda aproximación se refiere al enfoque del precio de los servicios del capital, en el cual  $CKS = \text{cantidad física de capital} * \text{precio del servicio}$ , donde CKS es el costo del capital reproducible. Este enfoque es básicamente el sugerido por Jorgenson D. y Griliches Z. (1967) y empleado por Berndt E. y Christensen L. (1973 y 1974), Berndt E. y Wood D. (1975). La tercera aproximación se define como la diferencia entre CKV y CKS, y recibe el nombre de contribución a costos del capital en trabajo, con lo que  $CKW = CKV - CKS$ , donde CKW es el capital en trabajo. Esto último significa que el costo del capital medido a través del enfoque del valor agregado incluye tanto el costo del capital fijo como el costo del capital en trabajo, esto es,  $CKV = CKS + CKW$ .

En base a lo anterior, si aplicamos el enfoque del valor agregado para medir el costo de capital en la Industria Maquiladora, tendremos que;

$$CKV = \text{Insumos Nacionales} + \text{Gastos Diversos} + \text{Utilidades y Otros.}$$

Dado que la desagregación del factor materiales (M) es de especial interés para analizar su relación con el capital y el trabajo en el proceso maquilador, el componente de CKV insumos nacionales es sumado a los insumos importados para llegar al costo de los materiales, y por ende queda fuera del costo de capital. Hasta aquí los componentes restantes abarcan los gastos diversos y las utilidades y otros. El renglón de utilidades deja de tener sentido como parte del costo de capital, dado que las maquiladoras operan en realidad como centros de costos, argumento éste presentado en González-Aréchiga B. y Ramírez J. (1989a) y González-Aréchiga B. y Barajas R. (1988). Al parecer, este renglón refleja en realidad otros costos no clasificados en los apartados que considera el INEGI en sus estadísticas. Si a partir de aquí eliminamos los componentes del costo de capital relacionados con la operación o administración, tendríamos que sustraer de los gastos diversos;

teléfono, telégrafo, telex, trámites aduanales y fletes y acarreos para obtener una medida que aproxime al costo de capital reproducible (CKS), esto es, la segunda medida del costo de capital expuesta por Field B. y Grebenstein Ch. (1980). En esta forma, el costo de capital para la Industria Maquiladora, tal como se aproxima en esta investigación, quedaría calculado como;

$$Ck = \text{Alquiler de Maquinaria y Equipo} + \text{Renta de Edificios y Terrenos} + \text{Energía Eléctrica} + \text{Mantenimiento de Edificios y Maquinaria.}$$

Por la naturaleza de esta investigación, al considerar a los materiales por separado, así como la de la industria que se analiza, al ser considerada como centro de costos, y por la eliminación de los costos de operación, pasamos del enfoque del valor agregado a uno que aproxima a el costo de capital de acuerdo a sus servicios. La cuestionante adicional en estas consideraciones se refiere entonces, a dos componentes que al medir estrictamente el costo de capital deberían de ser tomados en cuenta. Tales son; los intereses y la depreciación.

A este respecto son dos los argumentos relacionados con la naturaleza y operación de la Industria Maquiladora en general, que nos indican que de haber una subvaluación en el costo de capital al no incluir intereses y depreciación, es mínima. El primero se refiere a la naturaleza misma de la industria, donde "las plantas que la integran realizan operaciones de ensamble para empresas localizadas en Estados Unidos a partir de partes y componentes importados temporalmente" (Fernández-Navarrete; 1988, pp. 71), aunque cabe mencionar que Brown F. y Domínguez L. (1989), González -Aréchiga B. y Ramírez J. (1989a) y González-Aréchiga B. y Barajas R. (1988) advierten la introducción selectiva en años recientes de procesos productivos que van más allá del mero ensamble y utilizan tecnología avanzada en la Industria Maquiladora. El segundo consiste en el esquema de subcontratación empleado en el Programa Maquilador, llamado Plan Shelter o de resguardo (González Aréchiga-Barajas; 1988, pp. 6 y 30) en el que una compañía facilitadora presta servicios tales como tramitación aduanera y legal, además contrata trabajadores, espacio de planta (terrenos y naves industriales), servicios públicos y transporte a cambio de una cuota global por hora/hombre trabajada en la producción; y la compañía ensambladora, aporta el capital físico, la supervisión técnica, insumos productivos, recibe el bien ensamblado y paga al operador Shelter por sus servicios.

En esta forma si se acepta en general para la Industria Maquiladora, que la actividad principal es de ensamble con uso intensivo de mano de obra y que buena parte del acervo de capital es rentado, entonces la parte del costo de capital atribuible a la depreciación y a los intereses sería

mínima, si no es que despreciable.

Es oportuno mencionar a este respecto, sin embargo, que Baker G. (1989) calcula la depreciación para esta industria como el 2% del valor de los bienes importados, dividiéndola en depreciación de equipo de origen estadounidense con franquicia y edificios y terrenos en México (pp. 898).

Por otro lado, cabe explicar la inclusión de los gastos en energía eléctrica en el costo de capital. Por un lado está el objetivo mismo de la investigación y por otro la relación esperada de la energía con el capital, así como la importancia relativa de la energía en los costos totales de la industria. En primera instancia el objetivo central de la investigación es analizar las relaciones en el proceso maquilador de los factores productivos trabajo, materiales y capital, y un factor como la energía no representa un elementos primordial en el comportamiento de los costos, ni uno que incida en las decisiones de operación en forma importante, ni merece especial atención en cuanto a medidas de política económica de fomento para la industria, en comparación con las relaciones entre los factores que se consideran en este análisis. En segunda, se espera a priori que la energía en el proceso de maquila se encuentre más estrechamente relacionada con el proceso de ensamble en cuanto a su funcionamiento y no con el trabajo y los materiales. En esta forma, resulta un tanto evidente a priori, la validez en la agregación de la energía con el factor capital. Por último, la importancia de la energía en los costos totales para la Industria Maquiladora es mínima y para 1986 por ejemplo, representó únicamente un 0.7%.

En la tabla # 2 se presentan las consideraciones sobre la medición de factores productivos y costos de factores de estudios seleccionados. Al comparar la metodología empleada en este estudio para medir los costos de los factores productivos, con la utilizada en las referencias de la tabla citada, podemos apreciar lo siguiente:

- La forma en que se mide el costo del trabajo es equivalente a la empleada en todas las investigaciones referidas.
- La forma en que se mide el costo de los materiales es equivalente a la empleada por Bernd E. y Wood D. (1975), que son los únicos en estos estudios que presentan la medición del factor productivo materiales.

- La medición del costo del capital es equivalente a la empleada por Humprey D. y Moroney J. (1975), Griffin J. y Gregory P. (1976), Moroney J. y Trapani J. (1981) y parcialmente con Binswanger H. (1974), ya que éste último considera adicionalmente depreciación e intereses. Esta equivalencia es considerando las salvedades ya expuestas en la medición del costo de capital. En los estudios restantes, para medir el costo del capital, se aplica la metodología de Jorgenson D. y Griliches Z. (1967), expuesta al inicio de este capítulo.

Los costos de cada factor productivo y los totales se presentan en la Tabla #3

Los factores mano de obra (L), materiales (M) y capital (K), para la Industria Maquiladora, se cuantificaron de la siguiente manera:

- L = Índice de trabajo ponderado por sueldos y salarios relativos para empleados, obreros y técnicos.

En este caso se realizó una agregación divisia (Jorgenson D. y Griliches Z. (1967)) de las categorías de trabajo de acuerdo a la información disponible para los años y Estados que incluye la investigación.

Para cada observación se calculó una suma ponderada del número de empleados, obreros y técnicos, donde el ponderador fue la participación de sueldos y salarios de cada categoría de mano de obra a sueldos y salarios totales. El personal ocupado en la Industria Maquiladora y las participaciones en sueldos y salarios totales por categoría, aparecen en las Tablas #4 y #5, respectivamente.

- M = Índice de materiales en términos reales.

En este caso se deflactaron los gastos de la maquiladora en materias primas y auxiliares, envases y empaques, con el índice de precios de materias primas de la Industria Manufacturera Mexicana, publicado por el Banco de México.

- K = Índice de capital en términos reales.

Los gastos en alquiler de maquinaria y equipo, renta de edificios y terrenos,



energía eléctrica y mantenimiento de edificios y maquinaria, fueron deflactados con el índice de precios al productor del Banco de México.

Haciendo de nuevo referencia a la tabla # 2, con respecto a la medición de los factores productivos de los estudios seleccionados, al comparar con la cuantificación de factores productivos que se ha presentando, se puede observar que:

- La medición del factor trabajo es equivalente a la de Berndt E. y Christensen L. (1973), Berndt E. y Christensen L. (1974), Berndt E. y Wood D. (1975), con la salvedad de que en este caso no se realizan ajustes por diferencias en calidad y/o educación, por la falta de un indicador para hacerlo, además de que la ponderación se realiza sobre el "acervo" de trabajo (número de empleados, técnicos y obreros) en lugar de considerar el flujo de servicios del factor trabajo (horas-hombre), ya que si bien se publican las horas-hombre trabajadas en la Industria Maquiladora, éstas no son desglosadas por categoría de mano de obra, ésto es, las horas-hombre para empleados, técnicos y obreros.  
De cualquier forma, se sigue, en la medida de lo posible, la metodología de Jorgenson D. y Griliches Z. (1967) en la cuantificación del factor trabajo.
- Respecto a la medición de los materiales y el capital fue imposible la agregación divisia, debido a la falta de información referente a las cantidades de estos factores, tanto como acervo o como flujo de servicios.

Los índices para cada factor productivo aparecen en la Tabla # 7.

Toda la información para llegar a los indicadores de los factores productivos y costos fue tomada de: "Estadísticas de la Industria Maquiladora de Exportación 1975-1986", Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

## ii). La Agregación de la Información.

Como se apuntó en la introducción, no se pretende probar la validez en la agregación de la información por las causas ya expuestas. Sin embargo, se discutirán algunos aspectos relacionados con este tópico<sup>(6)</sup>.

Theil H. (1959) distingue entre tres tipos de agregación de la información económica, aplicables al estimar una función de producción; agregación sobre empresas, agregación sobre períodos de tiempo y agregación sobre factores productivos.

La información empleada en esta investigación para estimar la función de producción TRANSLOG, implica los tres tipos de agregación referidos. Como cada observación representa un año particular para un Estado determinado, entonces cada dato representa la agregación de grupos de empresas de diferentes giros, y en cada giro de diferentes empresas, dado que el análisis, es uno global sobre la Industria Maquiladora y no uno específico sobre algún sector industrial o empresa específica. Así mismo, el considerar datos anuales representa una agregación sobre el tiempo. En el caso de los factores productivos, se están agregando las diferentes categorías o sub-grupos de los mismos en tres, a saber; trabajo, materiales y capital.

Ciertamente, la validez en la agregación de cualquiera de los tipos mencionados, implica una relación particular entre los micro-parámetros y los macro-parámetros, o en el caso específico de la agregación entre factores productivos, cierta relación entre las elasticidades de sustitución, tal como se puede revisar en el apéndice #4. Sin embargo, para probar la validez de tal agregación es necesaria la existencia de información con un grado substancial de desglose, para siquiera intentarlo.

En nuestro caso particular, dadas principalmente las restricciones de información, se parte en principio de que la agregación de la información ya referida es una condicionante de los resultados encontrados, y que por lo tanto estos tendrán validez en la medida que aquello sea también válido.

---

(6) Para profundizar en el tema de agregación de la información se sugiere Theil H. (1959), Agregación Lineal de Relaciones Económicas, Aguilar; Malinvaud E. (1970), Statistical Methods of Econometrics, 2ª Edición, North-Holland, pp. 130-137; Theil H. (1971), Principles of Econometrics, John Wiley and Sons, pp. 556-561.

A éste respecto, cabe referir un estudio empírico de Grunfeld Y. y Griliches Z. (1960), en el que cuestionan las desventajas de la agregación trabajando con datos agregados y desagregados. Su argumento es que en la práctica no sabemos lo suficiente de la conducta microeconómica, como para especificar las ecuaciones micro en forma adecuada o perfecta. Así, al estimar relaciones microeconómicas no se debe asumir que están bien especificadas ni económica, ni estadísticamente.

Desde su punto de vista, y así lo prueban en su estudio, la agregación de variables económicas puede, y en los hechos sucede, reducir los errores de especificación y en este sentido, la agregación no solo produce un error de agregación sino que puede también producir una ganancia de agregación.

Sus conclusiones son básicamente que;

- Una ecuación macro (agregada) tendrá un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) mayor que una ecuación micro (desagregada).
- La ecuación agregada puede explicar los datos agregados mejor que todas las ecuaciones micro combinadas, si las ecuaciones micro no son "perfectas".

Agregan además que "la pobre calidad de los datos desagregados, puede ser una fuente de ganancia en la agregación" (p. 10) y terminan, anotando que "no está de más recordar que la agregación no es mala necesariamente, si estamos interesados en los agregados" (p. 10). Aunque no está de más, tampoco, probar su validez. Esto en la medida de lo posible, o más bien, en la medida que la información lo permita, sobre todo si nos interesa la estimación de los coeficientes, y no tanto el grado de explicación de una variable dependiente determinada.

En esta forma, la agregación y la prueba de su validez, dependen del objetivo mismo que persiga el investigador, y no es definitivo que se explicará mejor lo agregado a partir del análisis individual.

**TABLA # 2: CONSIDERACIONES SOBRE MEDICION DE FACTORES Y COSTOS DE ESTUDIOS SELECCIONADOS**

AUTORES	MEDICION DE FACTORES	MEDICION DE LOS COSTOS
<p>Berndt E. y Christensen L. (1973)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital. Se asume que la reducción en eficiencia de los bienes de capital es geométrica, y que por lo tanto el reemplazo es proporcional al acervo de capital. El factor de proporcionalidad es la media aritmética de la tasa de reemplazo implícita en los datos de acervo de capital e inversión de la OBE. Se empleó la fórmula de inventario perpetuo <math>K_t = I_t + (1-d)K_{t-1}</math> para construir las series para equipo y estructuras (<math>d</math> = tasa reemplazo). Se calculan índices divisiva para los precios y cantidades de estructuras y equipo.</li> </ul> <p>El precio de los servicios de capital es calculando dividiendo el valor de los servicios de estructuras y equipo por el índice divisiva de cantidad para el capital, siguiendo la metodología de Jorgenson y Griliches (1967).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo. Los datos de horas-hombre son ajustadas por cambios en calidad. El índice de cantidad para los servicios del trabajo se obtiene con una agregación divisiva de las horas-hombre ajustadas para trabajadores de producción y no-producción.</li> </ul> <p>El índice de precios para los servicios de trabajo se calcula dividiendo las compensaciones al trabajo entre el índice divisiva de cantidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo del Capital.  <math>Cl_k = \text{Costo de Equipo} + \text{Costo de Estructuras}</math></li> <li>Costo Equipo = (Precio del servicio)*  (Cantidad del servicio)</li> <li>Costo Estructuras = (Precio del servicio)*  (Cantidad del servicio)</li> <li>• Costo del Trabajo.  <math>CL = \text{Valor del servicio de trabajo en producción} + \text{valor del servicio de trabajo no-producción}</math>  (compensaciones a empleados ajustada por las ganancias de propietarios).</li> </ul>

AUTORES	MEDICION DE FACTORES	MEDICION DE LOS COSTOS
<p>Berndt E. y Christensen L. (1974).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital. Los índices para el precio y cantidad de capital se calcularon con una agregación divisiva de los servicios de capital de estructuras no-residenciales y equipo durable del productor.</li> <li>• Trabajo. Se construyeron índices divisiva para precio y cantidad de trabajo relacionado con producción y no relacionado con producción, con datos de empleo, horas hombre y compensaciones. Las horas hombre fueron ajustadas por calidad, empleando un índice de educación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo se calculó empleando la misma metodología de su estudio en (1973), pero sin desagregar el capital y desagregando el trabajo.</li> </ul>
<p>Berndt E. y Wood D. (1975).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital. El precio del capital se obtuvo a partir de estructuras no residenciales y equipo durable de productores, tomando en cuenta las variaciones en las tasas de impuesto efectivas, tasas de rendimiento, depreciación y ganancias de capital. Se construyeron índices divisiva agregando los servicios del capital.</li> <li>• Trabajo. Se construyó un índice divisiva para los servicios del trabajo agregando trabajo de producción y trabajo no relacionado con producción, ajustado por calidad empleando un índice de educación. La medida del valor de los servicios del trabajo son las compensaciones totales a empleados en las manufacturas, ajustado por las ganancias de los propietarios. El índice del precio del trabajo se calculó dividiendo las compensaciones a empleados por el índice de los servicios del trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo del Capital. <math>Ck = Pk * k</math> = Valor del servicio del capital, donde <math>k</math> es el índice divisiva de cantidad.</li> <li>• Costo del Trabajo. <math>CL</math> = Compensaciones totales a empleados en las manufacturas, ajustado por las ganancias de los propietarios.</li> </ul>

AUTORES	MEDICION DE FACTORES	MEDICION DE LOS COSTOS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía. Se calculó un índice divisia de cantidad de energía agregando petróleo crudo, productos de petróleo refinado, gas natural, electricidad y carbón.</li> <li>El índice de precio para la energía se obtuvo dividiendo el valor total de energía comprada entre el índice divisia de cantidad de energía.</li> <li>• Materiales. Se calculó un índice divisia de cantidad para los materiales, a partir de los bienes intermedios no-energéticos.</li> <li>El índice de precio para los materiales se calculó dividiendo el valor total de los bienes intermedios no energéticos comprados entre el índice de cantidad de materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de la energía CE = Suma del valor de las compras de los cinco tipos de energía considerados.</li> <li>• Costo de Materiales. CM = Valor de los bienes intermedios no energéticos comprados.</li> </ul>
Humprey D. y Moroney J. (1975).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo. Es medido como hombre-años de empleo en cada industria.</li> <li>• Capital. Se mide como el valor bruto en libros del acervo de capital para cada industria.</li> <li>• Recursos Naturales. El índice de cantidad fue estimado deflactando el valor de los recursos naturales empleados con un índice de precios promedio ponderado de los recursos naturales. El ponderador de este índice de precio fue el valor de los flujos insumo-producto de los sectores que emplean los recursos naturales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo del Capital. CK = Valor agregado - sueldos y salarios (wage bill).</li> <li>• Costo del Trabajo. CL = Sueldos y salarios.</li> <li>• Costo de Recursos Naturales. CN = Costo de recursos naturales empleados.</li> </ul>

AUTORES	MEDICION DE FACTORES	MEDICION DE LOS COSTOS
<p>Griffin J. y Gregory P. (1976).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capital. Los precios del capital son índices divisa de bienes durables y construcción no residencial, empleando participaciones en la inversión como ponderadores.</li> <li>• Trabajo. Los precios del trabajo son promedios del sueldo por hora en las manufacturas, convertido en dólares con equivalencias de poder de compra. Estos son ajustados por calidad.</li> <li>• Energía. Los precios de la energía son índices divisa de los diferentes combustibles, que se hacen comparables internacionalmente, en base a descuentos de volumen y calidad estandarizada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo del Capital. Ck = Valor agregado-sueldos, salarios y complementos.</li> <li>• Costo del Trabajo. CL = Sueldos, salarios y complementos.</li> </ul>
<p>Halvorsen R. (1977).</p>	<p>El precio de cada tipo de energía (energía eléctrica, combustible gas, natural y carbón) se calculó dividiendo el costo entre la cantidad consumida, con lo que es equivalente a un precio promedio.</p> <p>En el caso particular del combustible, su cantidad fue calculada como un promedio ponderado del número de barriles de petróleo residual y desulfado, donde el ponderador fue el factor de conversión equivalente en kilowatt-horas.</p>	<p>Los costos se obtuvieron del "Census of Manufactures data 1971. U.S. Bureau of The Census".</p>

AUTORES	MEDICION DE FACTORES	MEDICION DE LOS COSTOS
<p>Moroney J. y Trapani J. (1981).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo. Es la suma de horas-hombre de trabajadores en producción más 2000 horas-hombre por año por cada empleado no relacionado al proceso productivo.</li> <li>El precio del trabajo se obtiene dividiendo el costo del trabajo por las horas-hombre.</li> <li>• Capital. Es el valor en libros deflactado de los activos.</li> <li>El precio del capital se obtiene dividiendo el costo del capital por el valor bruto en libros de los activos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo del Capital. Ck = Valor agregado-sueldos, salarios y complementos.</li> <li>• Costo del Trabajo. CL = Sueldos, salarios y complementos.</li> <li>• Costo de recursos naturales. CN = Valor de las compras de recursos naturales.</li> </ul>
<p>Binswanger H. (1974).</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de Maquinaria. Ck = 15% del valor de la maquinaria y equipo agrícola por intereses y depreciación + gastos corrientes de operación y reparación de maquinaria y equipo.</li> <li>• Costo del Trabajo. CL = Número de hombres-día de trabajo por el salario diario.</li> </ul>



TABLA # 3

Costos de Producción para la Industria Maquiladora  
de Exportación en México  
(Millones de Pesos)\*

AÑO	Costo Total	Trabajo	Capital	Materiales
<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>				
1981	13138.7	2089.6	334.5	10714.6
1982	25644.6	3273.3	726.6	21644.7
1983	68594.4	6515.8	2061.6	60017.0
1984	137805.3	14196.4	3658.0	119950.9
1985	246073.9	24335.8	6942.4	214795.7
1986	673424.8	54658.4	21069.8	597696.6
<b>COAHUILA</b>				
1981	1734.1	385.8	37.8	1310.5
1982	3158.7	639.3	69.8	2449.6
1983	9599.4	1331.6	187.8	8080.0
1984	18994.1	2996.8	374.5	15622.8
1985	34133.0	5476.9	706.2	27949.8
1986	99719.2	11836.1	1995.5	85887.6
<b>CHIHUAHUA</b>				
1981	23525.8	4009.8	695.2	18820.8
1982	42637.4	6576.1	1374.1	34687.2
1983	123895.1	12892.7	3659.9	107342.5
1984	225784.7	28117.9	7148.4	190518.4
1985	355920.1	48491.8	12632.9	294795.4
1986	836621.4	96436.4	27687.6	712497.4
<b>SONORA</b>				
1981	10064.0	1531.7	172.6	8359.7
1982	18551.8	2507.8	436.3	15607.7
1983	47563.5	4325.9	1055.8	42181.8
1984	86105.5	9072.3	1657.9	75375.3
1985	122438.0	13234.4	2663.4	106540.2
1986	320606.7	26067.7	6090.7	288448.3
<b>TAMAULIPAS</b>				
1981	13831.1	2214.9	289.6	11326.6
1982	31007.6	3881.3	619.9	26506.4
1983	107229.5	7563.4	1651.3	98014.8
1984	193780.5	15165.1	3084.2	175531.2
1985	286777.8	23609.8	5349.8	257818.2
1986	796260.6	49998.9	14631.4	731630.4

\* Cálculos propios en base a Estadísticas de la Industria Maquiladora de Exportación 1975-86, INEGI.

TABLA # 4

Personal Ocupado en la Industria Maquiladora  
de Exportación en México\*

AÑO	Empleados	Obreros	Técnicos
<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>			
1981	1184	19733	2265
1982	1202	18722	2309
1983	1498	22022	2731
1984	2037	24604	3616
1985	2385	32427	4163
1986	2915	38157	4816
<b>COAHUILA</b>			
1981	214	5046	487
1982	239	4799	470
1983	304	6199	657
1984	337	8112	784
1985	402	9371	927
1986	520	11072	1253
<b>CHIHUAHUA</b>			
1981	2668	37498	3828
1982	2971	35304	4420
1983	3526	44639	5908
1984	4802	59193	8500
1985	5273	62365	9954
1986	5824	69172	11530
<b>SONORA</b>			
1981	938	14079	2051
1982	835	12868	2088
1983	842	14255	2221
1984	979	17732	2858
1985	957	16551	2689
1986	992	17751	2836
<b>TAMAULIPAS</b>			
1981	1459	22187	2338
1982	1546	22345	2613
1983	1435	24544	3159
1984	1603	31118	4352
1985	1813	30746	4491
1986	2221	36090	5253

\* Cálculos propios en base a Estadísticas de la Industria Maquiladora de Exportación 1975-86, INEGI.

**TABLA #5**  
**Participaciones de sueldos y salarios de empleados, obreros y técnicos**  
**en el costo de trabajo de la Industria Maquiladora**  
**de Exportación en México**  
**(Porcentajes)\***

AÑO	Empleados	Obreros	Técnicos
<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>			
1981	10.38	72.97	16.64
1982	11.22	70.77	18.01
1983	12.00	68.65	19.35
1984	11.37	68.97	19.65
1985	13.07	66.79	20.14
1986	14.08	65.60	20.33
<b>COAHUILA</b>			
1981	6.48	81.34	12.18
1982	7.87	80.06	12.08
1983	8.68	77.85	13.47
1984	7.61	78.95	13.44
1985	7.90	77.13	14.96
1986	9.62	72.71	17.67
<b>CHIHUAHUA</b>			
1981	13.54	71.96	14.50
1982	16.16	68.13	15.71
1983	16.63	66.82	16.56
1984	18.10	64.21	17.69
1985	18.45	61.58	19.96
1986	20.54	58.65	20.81
<b>SONORA</b>			
1981	10.28	68.45	21.27
1982	10.28	67.81	21.91
1983	11.57	65.33	23.09
1984	11.03	64.11	24.86
1985	12.20	62.34	25.46
1986	12.68	61.66	25.66
<b>TAMAULIPAS</b>			
1981	11.56	73.73	14.71
1982	13.42	70.99	15.60
1983	11.33	68.60	20.08
1984	9.86	67.62	22.51
1985	11.57	64.36	24.06
1986	12.27	62.55	25.18

\* Cálculos propios en base a Estadísticas de la Industria Maquiladora de Exportación 1975-86, INEGI.

TABLA #6

Participaciones en costos totales del trabajo, capital y materiales  
para la Industria Maquiladora de Exportación en México\*

<u>AÑO</u>	<u>Sl</u>	<u>Sk</u>	<u>Sm</u>
<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>			
1981	0.159041	0.025459	0.815499
1982	0.127641	0.028333	0.844026
1983	0.094990	0.030055	0.874955
1984	0.103018	0.026545	0.870438
1985	0.098896	0.028213	0.872891
1986	0.081165	0.031288	0.887548
<b>COAHUILA</b>			
1981	0.222478	0.021798	0.755723
1982	0.202393	0.022098	0.775509
1983	0.138717	0.019564	0.841719
1984	0.157775	0.019717	0.822508
1985	0.160461	0.020690	0.818850
1986	0.118694	0.020011	0.861295
<b>CHIHUAHUA</b>			
1981	0.170442	0.029551	0.800007
1982	0.154233	0.032228	0.813539
1983	0.104061	0.029540	0.866398
1984	0.124534	0.031660	0.843806
1985	0.136243	0.035494	0.828263
1986	0.115348	0.033095	0.851637
<b>SONORA</b>			
1981	0.152196	0.017150	0.830654
1982	0.135178	0.023518	0.841304
1983	0.090950	0.022198	0.886852
1984	0.105363	0.019254	0.875383
1985	0.108091	0.021753	0.870156
1986	0.081308	0.018997	0.899695
<b>TAMAULIPAS</b>			
1981	0.160139	0.020938	0.818923
1982	0.125173	0.019992	0.854836
1983	0.070534	0.015400	0.914066
1984	0.078259	0.015916	0.905825
1985	0.082327	0.018655	0.899017
1986	0.062792	0.018375	0.918833

\* Cálculos propios en base a Estadísticas de la Industria Maquiladora de Exportación 1975-86, INEGI.

TABLA # 7

Indices de los factores productivos para la  
Industria Maquiladora de Exportación en México

<u>AÑO</u>	<u>L</u>	<u>K</u>	<u>M</u>
<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>			
1981	1.083512	1.058094	1.186704
1982	0.926231	1.378911	1.291272
1983	1.146817	1.423342	1.282440
1984	1.131793	1.084478	1.163264
1985	1.273278	1.222522	1.167846
1986	1.158364	1.690866	1.510420
<b>COAHUILA</b>			
1981	1.028745	0.997335	0.989927
1982	0.937756	1.172197	1.194814
1983	1.261171	1.349710	1.525564
1984	1.322817	1.218814	1.125374
1985	1.132072	1.214694	1.166764
1986	1.124765	1.574281	1.667993
<b>CHIHUAHUA</b>			
1981	1.137093	1.052526	1.139656
1982	0.904278	1.254716	1.178075
1983	1.244294	1.336137	1.431255
1984	1.286383	1.193771	1.033033
1985	1.024392	1.138374	1.009130
1986	1.067677	1.221070	1.311913
<b>SONORA</b>			
1981	0.928186	0.892472	0.981924
1982	0.911426	1.604654	1.193411
1983	1.070597	1.213939	1.249973
1984	1.228047	0.959750	1.040048
1985	0.912361	1.034830	0.921824
1986	1.061196	1.274058	1.469592
<b>TAMAULIPAS</b>			
1981	1.124017	1.187022	1.176300
1982	0.976659	1.358814	1.495867
1983	1.070166	1.336302	1.710234
1984	1.257928	1.141558	1.042346
1985	0.950351	1.117341	0.957905
1986	1.146501	1.523726	1.540354

## 5. RESULTADOS.

La aplicación del método de Zellner a la ecuación descrita por (13) con la combinación de datos de series de tiempo con corte transversal para la Industria Maquiladora de Exportación resulta en los parámetros estimados que se muestran en la Tabla # 8 donde se puede apreciar que todos son estadísticamente diferentes de cero a excepción de BLM; el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de la regresión es de .99 y el mismo método de estimación considera explícitamente la relación que existe entre los errores de las ecuaciones descritas por (12), pues la suma de los mismos debe ser cero en cada observación.

TABLA # 8

**Parámetros Estimados con la Función TRANSLOG por el  
Método de Zellner para la Industria Maquiladora en México\***

AL	.1407 (.0015)	Ak	.0263 (.0008)	AM	.8340 (.0007)
BLL	-.0628 (.0107)	Blk	-.0501 (.0037)	BLM	-.0054 (.0046)
Bkk	-.0140 (.0052)	BkM	.0213 (.0033)	BMM	.0732 (.0075)

\* Error Estándar en el Paréntesis.

Una prueba adicional para la especificación TRANSLOG es apreciar si los parámetros estimados satisfacen las condiciones de convexidad y monotonidad para la función de producción. Se encontró que las participaciones de costo en factores a costo total estimadas son positivas y que el hessiano orlado es negativo para cada observación, con lo que se concluye que la función estimada es monótonica y tiene isocuantas convexas al origen con la serie de información contemplada.

Con estos parámetros estimados, se aplicó el desarrollo de Berndt E. y Christensen L. (1973) y el programa computacional descrito en el apéndice # 3 para calcular las elasticidades

parciales de sustitución y las elasticidades-precio de las demandas entre los factores productivos de la Industria Maquiladora en México, que aparecen en las Tablas #10 y #11, respectivamente.

El análisis de estos resultados nos conduce a las siguientes apreciaciones;

- Las posibilidades de sustitución entre el trabajo y el capital son muy amplias, ya que la elasticidad parcial de sustitución entre estos factores es positiva y muy superior a la unidad. Se observa un valor mínimo de 7 y uno máximo de 38, siendo en promedio de los años y Estados considerados, igual a 14. Esto significa que si el precio del trabajo relativo al capital aumenta en 1%, la demanda del capital relativa a la de trabajo aumentará en 14 puntos porcentuales. Muy por encima de este promedio global, se sitúa la elasticidad de sustitución entre el capital y el trabajo estimada para el Estado de Tamaulipas (25.2). El promedio del período para el Estado de Sonora, respecto a este indicador es 16, para Baja California 11.3, para Coahuila 10.4 y para Chihuahua es 8.4.

Además se percibe el mismo patrón de comportamiento en esta elasticidad de sustitución, respecto al tiempo, en los Estados de Coahuila, Chihuahua y Tamaulipas, en el sentido de que es cada vez mayor hasta 1983, se reduce en 1984 y 1985, para volver a aumentar en 1986. En el caso de Baja California, la elasticidad de sustitución entre trabajo y capital es creciente; mientras que para el Estado de Sonora su comportamiento es irregular.

Estas posibilidades de sustitución entre el trabajo y el capital en la Industria Maquiladora, pudieran parecer incongruentes con lo que sucede en dicha industria, en la que los empleos generados han crecido a una tasa promedio del 19% en el período 1983-87. Sin embargo, como se anotó en la introducción de esta investigación, en una industria creciente, como la que analizamos, los factores productivos aparentan ser complementarios por su crecimiento común a través del tiempo, pero la relación entre los factores tiene que ver con la influencia que existe entre el precio de un factor sobre la demanda del otro (elasticidades precio cruzadas), o bien, con la influencia que tiene el precio relativo sobre la demanda relativa entre los factores (elasticidades parciales de sustitución), y no con el crecimiento per-se de cada factor productivo a través del tiempo.

## 6300L

González-Aréchiga B. y Ramírez J. (1989a) encuentran que para la Industria Maquiladora en su conjunto, el capital por trabajador ( $k/L$ ), léase demanda relativa del capital en relación al trabajo, aumentó entre 1980 y 1986 en un 30.2%, ésto es, creció a una tasa geométrica de 4.4% anual, lo cual significa que se ha empleado más capital por unidad de mano de obra, y no que se hayan reducido los empleos existentes al sustituirse por capital, más bien, se han generado menos empleos por peso gastado en el capital. Esto surge la evidencia de que con el tiempo el precio del trabajo en relación con el del capital ha crecido en el período de análisis. Si combinamos este aumento en la razón capital-trabajo con la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital en promedio, se tendría que el precio relativo del trabajo en relación con el del capital ha aumentado en un 2.16% aproximadamente. Los resultados que se han presentado respecto a la sustitución entre el capital y el trabajo, sugieren que para mantener la capacidad de generación de empleos directos en la maquiladora, será necesario que las inversiones crezcan cada vez más, pensando además que el precio relativo de la mano de obra no tiene modificaciones.

- Se encontró que el factor capital y materiales son complementarios, ya que la elasticidad parcial de sustitución entre dichos factores es negativa. Su valor fluctúa en los años y Estados considerados, entre -.04 y -1.3, aunque para la mayoría de los casos es menor a uno en valor absoluto.

Este resultado no apoya la hipótesis planteada en esta tesis, respecto a la relación entre los materiales y el capital.

A este respecto cabe apuntar que Chung J. (1987) en la tabla 1 de su estudio refiere a varios autores que han estimado la elasticidad de sustitución entre capital y materiales, y en esos casos la relación encontrada entre estos factores es en el sentido de que son sustitutos en la producción, tanto en estudios de series de tiempo, como en aquellos en los que se combinan datos de series de tiempo con corte transversal.

- Se encontró también, que el factor trabajo y materiales son sustitutos en la producción, ya que la elasticidad de sustitución entre estos factores es positiva, observándose además que es muy cercana a uno para todos los Estados y años considerados. Las elasticidades de sustitución trabajo-materiales promedio del período para cada Estado son; Baja California .75, Coahuila .99, Chihuahua .79,



Sonora .91 y Tamaulipas .95.

Este resultado concuerda con las referencias citadas por Chung J. (1987), en el sentido de que el trabajo y los materiales son sustitutos, aunque no confirman la hipótesis planteada en esta tesis al respecto.

Con los resultados anteriores se pueden analizar los impactos en costos de producción y demanda de factores en la Industria Maquiladora: Un aumento en el precio unitario de las materias primas, *ceteris paribus*, traería consigo una reducción en la demanda de capital -ya que estos factores son complementarios- y esto como consecuencia aumentaría la demanda de mano de obra y el aumento en precio inicial en materiales no repercutiría en los costos de producción, por lo menos en el largo plazo, ya que existe la posibilidad de sustituir el factor cuyo precio experimentó un aumento. Si el factor capital fuese el que experimentara el aumento en precios, *ceteris paribus*, entonces la demanda de materiales se reduciría y la de trabajo aumentaría, al ser éste factor sustituto de aquellos, y el impacto a la alza en los costos de producción sería aminorado, sino es que eliminado, al existir posibilidades de sustitución respecto al factor capital. Por último, un aumento en el precio unitario del trabajo, *ceteris paribus*, alentaría la demanda del factor capital y de materias primas, en tanto que el impacto sobre los costos de producción sería frenado ante estas posibilidades de sustitución en el largo plazo.

De las elasticidades de sustitución entre factores estimadas para la Industria Maquiladora en México, quizás la que tiene implicaciones más interesantes en lo que se refiere a medidas de política económica de fomento, dirigidas a capitalizar los beneficios de esta industria, es la que se refiere a la relación entre el factor trabajo y el capital, pues a través de ésta se puede determinar, como se apuntó, la capacidad de absorción de mano de obra de la maquiladora, siendo esta capacidad uno de los principales beneficios de dicha industria.

En relación a la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital, González-Aréchiga B. y Ramírez J. (1989a), estiman, a través de la forma funcional CES con series de tiempo de 1975 a 1986, que esta elasticidad para la Industria Maquiladora es solamente .8057. Esta es, hasta este momento por lo menos, la única base de comparación de los resultados analizados en esta tesis al respecto.

Surge en este sentido, la necesidad de justificar el valor tan elevado de la elasticidad de sustitución estimada en esta investigación de 14 en promedio del período entre los Estados bajo estudio.

Los argumentos para explicar, en particular, el valor estimado para la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital los dividiremos en argumentos metodológicos y en argumentos relacionados con las características propias de la industria bajo estudio.

- Argumentos metodológicos.

Blair R. y Kraft (1974) encontraron que la aplicación del método de Zellner a una combinación de información de series de tiempo con corte transversal, conduce a estimaciones de la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital mucho mayores, en comparación con otros métodos en la estimación y/o manejo de la información. Berndt E. (1976) establece que las estimaciones de la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital con información de corte transversal resultan ser mayores a aquellas en las que se emplea información de series de tiempo, lo que es equivalente a aseverar que dicha elasticidad es mayor en el largo plazo que en el corto plazo. Este argumento aparece también en Berndt E. y Wood D. (1979) y en Griffin J. y Gregory P. (1976). Además agrega que las diferencias en las estimaciones de elasticidades de sustitución se deben a la forma funcional empleada, a la medición de los factores productivos, a las consideraciones y supuestos respecto al cambio tecnológico, así como a los problemas de estimación, en particular al sesgo en la estimación de ecuaciones simultáneas. Específicamente prueba que la estimación de elasticidades de sustitución entre factores es especialmente sensible al manejo de la información y a la especificación estocástica, esto es, el método de estimación y la forma funcional empleada. Berndt E. y Wood D. (1979), discuten en especial el efecto que sobre las diferencias en estimaciones de elasticidades de sustitución tienen el manejo de información y los supuestos de separabilidad débil de los factores no considerados en las estimaciones. Field B. y Grebenstein Ch. (1980) dan especial atención a la definición y medición del factor capital para explicar las diferencias en las elasticidades de sustitución estimadas.

Otro elemento que puede explicar estas diferencias que se relaciona con la medición de los factores productivos, es la agregación de éstos y en especial la del factor trabajo. En nuestro caso se realizó una agregación divisiva de empleados, obreros y técnicos para la Industria Maquiladora. En este sentido se esperaría a priori que la elasticidad de sustitución entre empleados (no relacionados con el proceso productivo) y el capital fuese substancialmente menor a la existente

entre obreros (trabajo relacionado al proceso productivo) y capital. A este respecto, Berndt E. y Christensen L. (1974) encontraron que para la Industria Manufacturera de los Estados Unidos, la elasticidad de sustitución entre el trabajo relacionado con el proceso productivo y el capital es 3.72, mientras que este indicador entre el trabajo no relacionado con el proceso productivo y el capital es -3.77, esto es 7.5 unidades de diferencia. Ciertamente en la elasticidad de sustitución estimada entre el trabajo y el capital para la maquiladora, predomina la relación entre los trabajadores relacionados con el proceso productivo (obreros y técnicos) y el capital, ya que su participación en los costos del trabajo es aproximadamente 80% en el período considerado (Ver Tabla #5).

Con estos argumentos, mientras en esta investigación se estima una función de producción considerando a los factores trabajo, capital y materiales, con la forma funcional TRANSLOG, empleando el método de Zellner y combinando información de series de tiempo con corte transversal, González-Aréchiga B. y Ramírez J. (1989a) estiman una función CES empleando mínimos cuadrados ordinarios con información de series de tiempo.

- Argumentos relacionados con las características de la Industria Maquiladora.

En la discusión respecto a la medición del factor capital para esta industria se hizo referencia a la principal característica del proceso maquilador en el sentido de ser uno de ensamble con uso intensivo de mano de obra. Dado esto, se puede establecer en general que el capital por unidad de mano de obra es bajo, en relación a la combinación capital-trabajo que podría alcanzar esta industria en el futuro, toda vez que dejase de existir el diferencial en remuneraciones al trabajo que tiene México respecto al resto del mundo y que las plantas maquiladoras encontrasen atractiva, todavía su localización en nuestro país. Evidencia de lo anterior es el crecimiento que la razón  $K/L$  ha tenido en el período 1980-86 en la Industria Maquiladora del 30.2% (González-Aréchiga B. y Ramírez J; 1989a, pp. 21). Si este es el caso, esperaríamos que el factor trabajo de la industria fuese relativamente "fácil" de sustituir por el capital, o dicho de otra forma, se esperaría que las posibilidades de sustitución entre el trabajo y el capital en una industria con estas características fueran amplias, lo que a su vez implica un valor elevado de la elasticidad de sustitución entre los factores referidos, sin considerar el cambio tecnológico que se pueda presentar en la industria. A este respecto, otra característica que es propia de la Industria Maquiladora en los años recientes, tal como lo advierten González-Aréchiga B. y Ramírez J. (1989a) y Brown F. y Domínguez L. (1989), se refiere al establecimiento de nuevas tecnologías en sectores y/o empresas en forma selectiva. Si bien este fenómeno no es general, implica que la Industria Maquiladora esta pasando por un proceso de dualismo tecnológico, con una expansión mayor de las empresas en la parte baja de la escala

tecnológica (González-Aréchiga B. y Ramírez J; 1989a, pp.31).

La existencia o surgimiento de un cambio tecnológico que no sea neutral, traería como consecuencia variaciones en la demanda relativa del capital ( $K/L$ ) no explicados por cambios en el precio relativo del trabajo ( $PL/PK$ ), sino precisamente por el aspecto tecnológico, lo que a su vez sobrevaloraría la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital. Como ya se apuntó, en esta investigación se supone la existencia de cambio tecnológico neutral.

Es interesante apreciar por último, la congruencia encontrada entre el comportamiento de la participación relativa en costos del factor trabajo ( $SL/SK$ ) y la elasticidad de sustitución estimada entre el trabajo y el capital en el período bajo estudio. Como se observa en la Tabla #9, mientras la tendencia de la razón  $SL/SK$  es decreciente, indicando la pérdida relativa de importancia en los costos totales de los costos del trabajo, la correspondiente a la elasticidad de sustitución es creciente. Lo anterior apoya el argumento teórico en el cual si la elasticidad de sustitución es mayor a la unidad, un aumento en el precio relativo de un factor productivo, traerá como consecuencia que su participación relativa en costos se reduzca y además esta trayectoria en ambos indicadores sugiere un aumento en el precio relativo del trabajo ( $PL/PK$ ) en el período considerado.

**TABLA #9**  
**Participación Relativa en Costos del Factor Trabajo y la Elasticidad de**  
**Sustitución entre Trabajo y Capital para la Industria Maquiladora en**  
**México.**

<b>Año</b>	<b>SL*</b>	<b>SK*</b>	<b>SL/SK</b>	<b>TLK**</b>
1981	20.40	2.44	8.36	9.042
1982	17.70	2.65	6.68	9.754
1983	11.56	2.39	4.84	18.144
1984	13.31	2.38	5.59	16.116
1985	14.10	2.67	5.28	13.630
1986	11.51	2.64	4.36	18.808

\* Porcentajes.

\*\* Elasticidad de sustitución promedio entre los Estados de la República considerados en la investigación.

Elasticidades parciales de sustitución entre factores estimadas,  
para la Industria Maquiladora de Exportación en México\*

AÑO	Tlk	Tkm	Tlm
<b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b>			
1981	8.552910	- 0.539092	0.914100
1982	9.587423	- 0.286364	0.811917
1983	11.85047	- 0.063460	0.675030
1984	12.53723	- 0.270867	0.759116
1985	12.21886	- 0.165459	0.717346
1986	13.02221	0.069929	0.585235
<b>COAHUILA</b>			
1981	6.906877	- 0.937641	1.033248
1982	7.536904	- 0.870649	1.011947
1983	12.47169	- 0.923003	0.983444
1984	10.76447	- 0.961434	1.004482
1985	10.14154	- 0.881379	0.988865
1986	14.47970	- 0.813221	0.938371
<b>CHIHUAHUA</b>			
1981	7.040656	- 0.359834	0.889406
1982	7.158370	- 0.206243	0.835654
1983	11.11257	- 0.132267	0.720384
1984	8.819268	- 0.133202	0.766596
1985	7.318949	- 0.041567	0.766954
1986	9.040207	- 0.045860	0.723072
<b>SONORA</b>			
1981	12.64714	- 1.221121	1.059421
1982	10.80622	- 0.588557	0.898660
1983	17.26691	- 0.487538	0.800557
1984	17.20550	- 0.836519	0.930973
1985	14.70882	- 0.614399	0.869545
1986	23.57233	- 0.737019	0.866421
<b>TAMAULIPAS</b>			
1981	10.05957	- 0.859506	0.983955
1982	13.67375	- 0.838359	0.951278
1983	38.02413	- 1.265844	1.047432
1984	31.25125	- 1.188495	1.022319
1985	23.76465	- 0.785464	0.884875
1986	33.92087	- 0.658960	0.800171

\* Ver apéndice # 3

TABLA # 11

Elasticidades-precio de las demandas de los factores productivos  
estimadas, para la Industria Maquiladora de Exportación en México

AÑO	EII	Ekk	Emm	Elk	Ekm	Elm
<b>BAJA CALIFORNIA</b>						
1981	- 0.963204	- 0.920635	- 0.131656	0.217748	- 0.439629	0.745448
1982	- 0.956920	- 0.982050	- 0.095520	0.271641	- 0.241699	0.685279
1983	- 0.946787	- 1.070151	- 0.062214	0.356166	- 0.055525	0.590621
1984	- 0.993564	- 1.055787	- 0.071012	0.332801	- 0.235773	0.660763
1985	- 0.970896	- 1.063968	- 0.066275	0.344731	- 0.144428	0.626165
1986	- 0.926863	- 1.119013	- 0.049688	0.407439	0.062065	0.519424
<b>COAHUILA</b>						
1981	- 0.931405	- 0.828031	- 0.209436	0.150556	- 0.708597	0.780849
1982	- 0.951325	- 0.850221	- 0.185571	0.166551	- 0.675196	0.784774
1983	- 1.071780	- 0.953126	- 0.118363	0.243996	- 0.776909	0.827784
1984	- 1.038437	- 0.907577	- 0.139526	0.212243	- 0.790787	0.826195
1985	- 1.019560	- 0.905604	- 0.140438	0.209828	- 0.721717	0.809732
1986	- 1.097968	- 1.018231	- 0.095106	0.289753	- 0.700423	0.808214
<b>CHIHUAHUA</b>						
1981	- 0.919590	- 0.912154	- 0.140959	0.208058	- 0.287870	0.711531
1982	- 0.910537	- 0.936270	- 0.122239	0.230700	- 0.167787	0.679837
1983	- 0.952405	- 1.041789	- 0.071057	0.328265	- 0.114596	0.624140
1984	- 0.926076	- 0.985903	- 0.091250	0.279218	- 0.112396	0.646858
1985	- 0.895018	- 0.962727	- 0.103017	0.259779	- 0.034428	0.635239
1986	- 0.914980	- 1.003714	- 0.081887	0.299186	- 0.039056	0.615794
<b>SONORA</b>						
1981	- 1.096911	- 0.910515	- 0.140297	0.216898	- 1.014329	0.880012
1982	- 1.010187	- 0.965608	- 0.107638	0.254141	- 0.495155	0.756046
1983	- 1.093267	- 1.138052	- 0.061988	0.383291	- 0.432374	0.709976
1984	- 1.146232	- 1.080548	- 0.081984	0.331275	- 0.732275	0.814958
1985	- 1.076600	- 1.055268	- 0.080625	0.319961	- 0.534623	0.756639
1986	- 1.227318	- 1.253527	- 0.056446	0.447804	- 0.663092	0.779515
<b>TAMAULIPAS</b>						
1981	- 1.016411	- 0.907061	- 0.139573	0.210627	- 0.703870	0.805783
1982	- 1.086552	- 0.994925	- 0.102314	0.273366	- 0.716659	0.813187
1983	- 1.542994	- 1.524929	- 0.054386	0.585572	- 1.157065	0.957422
1984	- 1.423436	- 1.369123	- 0.061090	0.497395	- 1.076568	0.926042
1985	- 1.238847	- 1.250327	- 0.058196	0.44333	- 0.706145	0.795517
1986	- 1.358519	- 1.524485	- 0.038136	0.623296	- 0.605474	0.735223

## 6. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES.

En la presente tesis se ha estimado una función de producción TRANSLOG para la Industria Maquiladora de Exportación en México, combinando información de series de tiempo con información de corte transversal respecto a los Estados de la República Mexicana en donde se encuentra principalmente esta industria, con el objeto de calcular las elasticidades de sustitución entre los factores trabajo, capital y materiales.

Los resultados encontrados nos muestran: que el trabajo y el capital son sustitutos; que el trabajo y los materiales son sustitutos; y que el capital y los materiales son complementarios.

La facilidad de sustitución encontrada entre la mano de obra y el capital en la Industria Maquiladora en México ha traído como consecuencia, que con el tiempo, por cada peso gastado en el factor capital se generen menos empleos, lo que hasta ahora no se ha reflejado en desocupación o desplazamiento de la mano de obra porque la maquiladora se encuentra en pleno proceso de crecimiento, tal como lo muestran todos los indicadores al respecto. Sin embargo, en el largo plazo cuando se logre la consolidación de esta industria, esperaríamos que el crecimiento fuera más modesto y ante este patrón de sustitución entre la mano de obra y el capital, se presentaría ahora sí, el desplazamiento de la mano de obra por el capital, y más aún si el precio de la mano de obra aumenta en relación con el del capital o si el del capital se reduce en relación con el de la mano de obra.

Lo anterior significa que si la tendencia de las remuneraciones al trabajo en la maquiladora aumentan en relación al capital, se reduciría en forma importante la capacidad de absorción de mano de obra de tal industria. La razón es de 1 a 14 en promedio (si aumenta en 1% el costo del trabajo en relación con el del capital, la demanda de capital aumenta en 14% en relación con la de trabajo). Esto para muchos debe parecer irónico, dado que la ventaja de México como país maquilador son precisamente las bajas remuneraciones a la mano de obra en relación con otros países.



Ante este panorama de largo plazo, existe sin embargo, un gran potencial en la generación de empleos relacionados de alguna forma con la Industria Maquiladora, y existe también la posibilidad de aprovechar este potencial en aras del crecimiento económico y la consecuente reducción del desempleo en nuestro país. Ciertamente esta alternativa no es la generación de empleos directos, sino que la de empleos indirectos a través de un proceso de integración de la Industria Nacional a la Industria Maquiladora.

Si analizamos la composición de las materias primas empleadas en la maquiladora, veremos que casi el 99% proviene del extranjero, ésto es, son importadas, y poco más del 1% provienen de la Industria Nacional, aunque ciertamente buena parte de las importaciones son temporales que al ser transformadas se convierten en ventas al exterior, pero es importante considerar el potencial en términos de generación de empleos indirectos en la Industria Mexicana que puede significar el que la industria de nuestro país se integre a la maquiladora.

Al hablar de un proceso de integración en el sentido referido, puede parecer un proceso similar al de sustitución de importaciones; modelo de desarrollo seguido por nuestro país y otros países de América Latina en los tiempos en que empezaba a crecer el sector industrial y que tenía como base la creación de empresas productoras de insumos y maquinaria empleados en la Industria Nacional, los cuales tradicionalmente se importaban del exterior, con el objeto de reducir los requerimientos de divisas para tal propósito y la dependencia de aquellos países a los que comprábamos bienes intermedios y de capital. La integración como se plantea, no es en ese sentido, sino en capitalizar los avances y mejoras que está experimentando la Industria Nacional ante la consolidación de la apertura comercial, que implica producir bienes intermedios o insumos para la industria o bienes de consumo con estándares de calidad y precio competitivos a nivel internacional, que muy bien pueden ser vendidos a la maquiladora, evento que representaría ahorro de divisas y generación indirecta de empleos, con la ventaja de que se explota un mercado industrial que está situado en nuestro país, pero que requiere insumos que cumplan con las normas internacionales de calidad y precio.

Las condiciones para que efectivamente se pueda presentar este proceso de integración, son las siguientes:

1. Que la Industria Nacional produzca los insumos que requiere la maquiladora. Esto no se ha explorado lo suficiente, aunque lo necesario sería establecer un programa a través del cual los industriales mexicanos conocieran las necesidades de la maquiladora en cuanto a insumos se refiere y que los maquiladores conocieran lo que nuestra industria produce. Como se puede apreciar, es un problema de comunicación.
2. Que los insumos se produzcan con estándares de calidad y precio que compitan a nivel internacional. Esta condicionante se está salvando ante el proceso de apertura comercial que se consolida en nuestro país y más rápido de lo que esperábamos.
3. Que exista disponibilidad, acceso y tiempo de entrega aceptables de los insumos requeridos por la maquiladora, así como los canales y medios de comunicación lo suficientemente eficientes para llevar a cabo las relaciones comerciales con eficacia. Esta condicionante está claramente relacionada con la creación y mejora de infraestructura en las comunicaciones, en vías de transporte y en los mismos sistemas de transporte de mercancías.

En este esquema, una política o acción que puede aprovechar al máximo las ventajas de la maquiladora en la generación de empleos será aquella que vaya dirigida no tanto a la creación de empleos directos, sino a la creación de empleos indirectos a través del proceso de integración de la maquiladora con la Industria Nacional, lo cual será posible con la mejora y creación de la infraestructura necesaria y del establecimiento de los canales de comunicación y promoción de nuestra industria en un mercado industrial que además se encuentra precisamente en nuestro territorio.

Este proceso de integración sugerido, cobra mayor importancia, debido a que el factor capital resultó ser complementario de los materiales, situación que significa que un aumento en capital, traerá como consecuencia un aumento en los materiales empleados en los procesos de maquila en México, lo que a su vez puede representar la generación de empleos indirectos, toda vez que la integración entre la Industria Nacional y la maquiladora sea una realidad. En este sentido, la promoción de la actividad maquiladora en cuanto al aumento del capital, tiene especial atractivo en la generación de empleos indirectos.

Respecto a estas medidas de política sugeridas, Brown F. y Domínguez L. (1989) y Fernández J. y Navarrete R. (1988), sugieren políticas directas de promoción de la Industria Maquiladora con el objeto de generar empleos directos. Sin embargo, desde nuestro punto de vista, adicionalmente es necesario, como ya se apuntó, medidas de promoción indirecta con el principal objetivo de lograr la integración referida<sup>(7)</sup>.

Por último es conveniente el asentar algunos de los campos que requieren un estudio más detallado y que tienen relación con esta investigación: En primer lugar, no se realizaron pruebas para validar la agregación de la información entre los diferentes sectores industriales que componen la maquiladora, pues fué imposible hacerlo ante la falta de información más detallada. Sin embargo, ésta sería una aportación muy interesante en esta área en la medida que se cuente con la información pertinente. Con la información existente, es posible probar la existencia de índices de agregación consistentes en los factores productivos considerados en esta investigación -trabajo, capital y materiales-, lo cual significa estimar las posibilidades de sustitución entre las diferentes categorías de trabajo, capital y materiales. En particular resultaría de gran interés, el estimar las posibilidades de sustitución entre materias primas nacionales e importadas y si acaso es válida su agregación para medir el factor materiales. Es posible también, estimar las posibilidades de sustitución entre factores para sectores industriales específicos en la maquiladora, en Estados de la República particulares. Sería interesante probar la igualdad de parámetros en la función de producción, entre sectores industriales o Estados, para analizar las diferencias en elasticidades de sustitución entre factores, si acaso existen. Adicionalmente, sería interesante determinar los efectos del cambio tecnológico en las elasticidades de sustitución estimadas y evaluar la consistencia de los resultados empleando especificaciones estocásticas alternativas a la usada en esta investigación.

Lo anterior podría ser material de próximas investigaciones referentes a la Industria Maquiladora de Exportación en México.

---

(7) Ver también González-Aréchiga B. y Barajas R. (1988); Sklair L. (1989); González-Aréchiga B. y Ramírez J. (1989b).

## BIBLIOGRAFIA.

ALLEN R.G.D. (1968)

Mathematical Analysis for Economists.

St Martin Press, New York.

ARROW K, CHENERY H.B., MINHAS B. y SOLOW R. (1961)

Capital-labor Substitution and Economic Efficiency .

The Review of Economics and Statistics, Vol. 43, No. 3.

BAKER G. (1989)

Costos Sociales e Ingresos de la Industria Maquiladora

Comercio Exterior, Vol. 39, No. 10, pp. 893-906.

BERNDT E. Y CHRISTENSEN L. (1973a)

The Internal Structure of Functional Relationship: Separability, Substitution and Aggregation.

The Review of Economic Studies, 40, pp. 403-410.

BERNDT E. Y CHRISTENSEN L. (1973b)

The Translog Function and The Substitution of Equipment, Structures and Labor in US Manufacturing 1929-68.

Journal of Econometrics, 1, pp. 81-114.

BERNDT E. Y CHRISTENSEN L. (1974)

Testing for The Existence of a Consistent Aggregate Index of Labor Inputs.

American Economic Review. Vol. 64, No.3 pp. 391-403.

BERNDT E. Y WOOD D. (1975).

Technology, Prices and The Derived Demand for Energy.

The Review of Economics and Statistics. Vol. 57, No. 3.

BERNDT E. (1976)

Reconciling Alternative Estimates of The Elasticity of Substitution.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 58, pp. 59-68.

BERNDT E. Y WOOD D. (1979)

Engineering and Econometric Interpretation of Energy-Capital Complementarity.

American Economic Review, Vol. 69, No. 3, pp. 342-354.

BINSWANGER H. (1974).

A Cost Function Approach to The Measurement of Elasticities of Factor Demand and Elasticities of Substitution.

American Journal of Agricultural Economics, pp. 377-386.

BLACKORBY C., PRIMONT D. Y RUSSEL R. (1978).

Duality, Separability and Functional Structure.

North-Holland.

BLAIR R. Y KRAFT J. (1974).

Estimation of Elasticity of Substitution in American Manufacturing Industry From Pooled Cross-Section and Time-Series Observations.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 56, No. 3, pp. 343-347.

BRAEUTIGAM R., DAUGHETY A. Y TURNQUIST M. (1982).

The Estimation of a Hybrid Cost Function for a Railroad Firm.

The Review of Economics and Statistics, Vol.64, No. 3, pp. 394-404.

BRANSON W. Y LITVACK J. (1979).

Macroeconomía.

Harla, S.A. de C.V.

BROWN F. Y DOMINGUEZ L. (1989).

Nuevas Tecnologías en la Industria Maquiladora de Exportación.

Comercio Exterior, Vol. 39, No. 3, pp. 215-223.

BURGESS D. (1974).

A Cost Minimization Approach to Import Demand Equations.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 56, No. 2, pp. 225-234.

COBB CH. Y DOUGLAS P. (1927).

A Theory of Production.

American Economic Review, Suppl, 18, pp. 139-165.

CHRISTENSEN L.R., JORGENSON D.W. Y LAU L.J. (1973).

Transcendental Logarithmic Production Frontiers.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 55, pp. 28-45.

CHUNG J. W. (1987).

On The Estimation of Factor Substitution in The Translog Model.

The Review of Economics and Statistics, pp. 409-417.

DENISON E. (1967).

Why Growth Rates Differ.

The Brookings Institution.

DENISON E. (1969).

Some Major Issues in Productivity Analysis: An Examination of Estimates by Jorgenson and Griliches.

Survey of Current Business, Vol. 49, No. 5, pp. 1-28.

DIEWERT W. (1971)

An Application of the Shephard Duality Theorem : A Generalized Leontief Production Function.

Journal of Political Economy, Vol. 79, pp. 481-507.

FERNANDEZ J. Y NAVARRETE R. (1988).

Determinantes del Crecimiento del Empleo en la Industria Maquiladora de Exportación en México.

Economía Mexicana, Análisis y Perspectivas, 8ª Edición, Departamento de Economía del CIDE.

FIELD B. Y GREBENSTEIN CH. (1980).

Capital-Energy Substitution in U.S. Manufacturing.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 62, No. 2, pp. 207-212.

GONZALEZ-ARECHIGA B. Y BARAJAS R. (1988)

Las Maquiladoras: Ajuste Estructural y Desarrollo Regional. Resumen de un Seminario Internacional.

Mimeo.

GONZALEZ-ARECHIGA B. Y RAMIREZ J. C. (1989a).

Productividad sin Distribución: Cambio Tecnológico en la Maquiladora Mexicana (1980-1986).

Documento Propuesto para su Publicación en la Revista Frontera Norte de El Colegio de la Frontera Norte.

GONZALEZ-ARECHIGA B. Y RAMIREZ J. (1989b)

Perspectivas Estructurales de la Industria Maquiladora

Comercio Exterior, Vol. 39, No. 10, pp. 874-886.

GRIFFIN J. Y GREGORY P. (1976).

An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses.

American Economic Review, Vol. 66, pp. 845-857.

GRILICHES Z. (1963).

Estimates of The Aggregate Agricultural Production Function From Cross-Sectional Data.

Journal of Farm Economics, Vol. 45, No. 2, pp. 419-428.

GRILICHES Z. Y JORGENSON D.W. (1967).

The Explanation of Productivity Change.

Review of Economic Studies. Vol. 34, pp. 249-283.

GRILICHES Z. (1969).

Capital-Skill Complementarity.

The Review of Economics and Statistics. Vol. 51, pp. 456-468.

GRUNFELD Y. Y GRILICHES Z. (1960).

Is Aggregation Necessarily Bad.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 42, No. 1, pp. 1-13.

GUJARATI D. (1988).

Basic Econometrics.

McGraw-Hill, Segunda Edición.

HALVORSEN R. (1977).

Energy Substitution in U.S. Manufacturing.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 59, No. 4, pp. 381-388.

HENDERSON J.M. Y QUANDT R.E. (1979).

Teoría Microeconómica, Una Aproximación Matemática.

Ariel, Segunda Edición.

HOCH I. (1962).

Estimation of Production Function Parameters Combining Time-Series and Cross-Section Data.

Econometrica, Vol. 30, No. 1, pp. 34-53.

HUDSON E. Y JORGENSON D. (1974)

U.S. Energy Policy and Economic Growth 1975-2000

The Bell Journal of Economics, Vol. 5, pp. 461-514

HULTEN CH. (1973).

Divisia Index Numbers.

Econometrica, Vol. 41, No. 6, pp. 1017-1025.

HUMPHREY D. Y MORONEY J. (1975).

Substitution Among Capital, Labor and Natural Resource Products in American Manufacturing.

Journal of Political Economy, Vol. 83. pp. 57-82.



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFORMATICA (1988).

Estadísticas de la Industria Maquiladora de Exportación 1975-1986.

Talleres del INEGI, México.

INTRILIGATOR M. Y KENDRICK D. (1978).

Frontiers of Quantitative Economics.

Vol. 2, North-Holland.

JORGENSON D. Y GRILICHES Z. (1967).

The Explanation of Productivity Change.

Review of Economic Studies, Vol. 34, pp. 249-283.

LEONTIEF W. (1947).

Introduction to a Theory of Internal Structure of Functional Relationships.

Econometrica, Vol. 15 pp. 361-373.

MALINVAUD E. (1970).

Statistical Methods of Econometrics.

Segunda Edición, North-Holland.

MORONEY J.R. Y TRAPANI J. (1981).

Factor Demand and Substitution in Mineral-Intensive Industries.

The Bell Journal of Economics, Vol. 12, No. 1, pp. 272-284.

PINDYCK R. Y RUBINFELD D. (1976).

Econometric Models and Economic Forecast.

McGraw-Hill.

PINDYCK R. (1979).

Interfuel Substitution and The Industrial Demand for Energy: An International Comparison.

The Review of Economics and Statistics, Vol. 61, No. 2, pp. 169-179.

SKLAIR L. (1989)

La Subcontratación Internacional : Análisis Comparativo entre China y México

Comercio Exterior, Vol. 39, No. 10, pp. 851-859.

THEIL H. (1959).

Agregación Lineal de Relaciones Económicas.

Aguilar.

THEIL H. (1971).

Principles of Econometrics.

John Wiley & Sons.

## Apéndice 1.

### La Homogeneidad de la Función de Producción TRANSLOG

Si la función de producción TRANSLOG se especifica como ;

$$\begin{aligned}
 (1-A1) \quad \ln q^0 &= \ln a^0 + a_L \ln X_L^0 + a_K \ln X_K^0 + a_M \ln X_M^0 \\
 &+ 1/2 b_{LL} (\ln X_L^0)^2 + b_{LK} \ln X_L^0 \ln X_K^0 + b_{LM} \ln X_M^0 \ln X_L^0 \\
 &+ 1/2 b_{KK} (\ln X_K^0)^2 + b_{KM} \ln X_K^0 \ln X_M^0 + 1/2 b_{MM} (\ln X_M^0)^2
 \end{aligned}$$

donde el sobreíndice "o" hace referencia a valores iniciales para la producción y los factores productivos.

Si multiplicamos los valores iniciales de los factores productivos, por un escalar "t" y rearreglamos términos, para averiguar el grado de homogeneidad de la función, tenemos;

$$\begin{aligned}
 (2-A1) \quad \ln q^1 &= \ln q^0 + \ln t (a_L + a_K + a_M) \\
 &+ (\ln t)^2 (1/2 b_{LL} + b_{LK} + b_{LM} + 1/2 b_{KK} + b_{KM} + 1/2 b_{MM}) \\
 &+ \ln t \ln X_L^0 (b_{LL} + b_{LK} + b_{LM}) + \ln t \ln X_K^0 (b_{LK} + b_{KK} + b_{KM}) \\
 &+ \ln t \ln X_M^0 (b_{LM} + b_{KM} + b_{MM})
 \end{aligned}$$

Si se cumple que ;

$$(3-A1) \quad a_L + a_K + a_M = 1$$

$$b_{KK} + b_{KL} + b_{KM} = 0$$

$$b_{KL} + b_{LL} + b_{LM} = 0$$

$$b_{KM} + b_{LM} + b_{MM} = 0$$

Sustituyendo (3-A1) en (2-A1) llegamos a ;

$$(4-A1) \quad \ln q^1 = \ln q^0 + \ln t = \ln t q^0$$

con lo que la función de producción TRANSLOG será homogénea de grado uno.

## Apéndice 2.

### La Elasticidad de Sustitución para una Función de Producción TRANSLOG.

La elasticidad de sustitución entre cualquier par de factores definida por Allen (1968), se especifica como;

$$(1-A2) \quad T_{ij} = \left( \sum f_i X_i / X_i X_j \right) F_{ij} / F \quad i, j = L, K, M$$

donde;

$$(2-A2) \quad F = \begin{matrix} 0 & f_k & f_L & f_M \\ f_k & f_{kk} & f_{kL} & f_{kM} \\ f_L & f_{Lk} & f_{LL} & f_{LM} \\ f_M & f_{Mk} & f_{ML} & f_{MM} \end{matrix}$$

y  $F_{ij}$  es el cofactor de  $f_{ij}$  en  $F$ .

Partiendo de la función de Producción TRANSLOG para tres factores; trabajo, capital y materiales, se tiene que;

$$(3-A2) \quad f_L = (a_L + b_{LL} \ln X_L + b_{Lk} \ln X_k + b_{LM} \ln X_M) q / L$$

$$f_k = (a_k + b_{kk} \ln X_k + b_{kL} \ln X_L + b_{kM} \ln X_M) q / K$$

$$f_M = (a_M + b_{MM} \ln X_M + b_{Mk} \ln X_k + b_{ML} \ln X_L) q / M$$

de (3-A2), en general tenemos que;

$$(4-A2) \quad f_i = (q / X_i) S_i \quad i = L, K, M$$

donde;

$$(5-A2) \quad S_i = a_i + \sum_j b_{ij} \ln X_j$$

con lo que;

$$(6-A2) \quad f_i = q / X_i (a_i + \sum_j b_{ij} \ln X_j)$$

derivando (6-A2) respecto a  $X_i$ ,

$$f_{ii} = q / X_i (b_{ii} / X_i) + (a_i + \sum_j b_{ij} \ln X_j) ((X_i f_i - q) / X_i^2)$$

sustituyendo (5-A2) en la expresión anterior,

$$f_{ii} = q / X_i (b_{ii} / X_i) + S_i ((X_i f_i - q) / X_i^2)$$

sustituyendo (4-A2) y reorganizando términos, llegamos a;

$$f_{ii} = (q / X_i^2) b_{ii} + (q / X_i^2) S_i^2 - (q / X_i^2) S_i$$

factorizando con  $q / X_i^2$ , tenemos

$$(7-A2) \quad f_{ii} = q / X_i^2 (b_{ii} + S_i^2 - S_i),$$

derivando (6-A2) respecto a  $X_j$ ,

$$f_{ij} = q / X_i (b_{ij} / X_j) + (a_i + \sum_j b_{ij} \ln X_j) ((X_i f_j) / X_i^2),$$

sustituyendo (5-A2) en la expresión anterior

$$f_{ij} = q / X_i (b_{ij} / X_j) + S_i (X_i f_j / X_i^2)$$

sustituyendo (4-A2) para  $X_j$  y reorganizando términos, llegamos a;

$$f_{ij} = (q / X_i X_j) b_{ij} + (q / X_i X_j) S_i S_j$$

factorizando con  $q / X_i X_j$ , tenemos

$$(8-A2) f_{ij} = q / X_i X_j ( b_{ij} + S_i S_j )$$

Sustituyendo las expresiones (4-A2), (7-A2) y (8-A2) en (2-A2) para los elementos correspondientes, tenemos

$$\begin{array}{cccc}
 0 & \frac{q}{X_k} S_k & \frac{q}{X_L} S_L & \frac{q}{X_M} S_M \\
 \\
 \frac{q}{X_k} S_k & \frac{q}{X_k^2} (b_{kk} + S_k^2 - S_k) & \frac{q}{X_k X_L} (b_{kL} + S_k S_L) & \frac{q}{X_k X_M} (b_{kM} + S_k S_M) \\
 \\
 F = \frac{q}{X_L} S_L & \frac{q}{X_L X_k} (b_{Lk} + S_L S_k) & \frac{q}{X_L^2} (b_{LL} + S_L^2 - S_L) & \frac{q}{X_L X_M} (b_{LM} + S_L S_M) \\
 \\
 \frac{q}{X_M} S_M & \frac{q}{X_M X_k} (b_{mk} + S_M S_k) & \frac{q}{X_M X_L} (b_{ML} + S_M S_L) & \frac{q}{X_M^2} (b_{MM} + S_M^2 - S_M)
 \end{array}$$

Expresión que es equivalente a la empleada por Berndt E. y Christensen L. (1973) en el cálculo de elasticidades de sustitución.

### **Apéndice 3.**

**Programa en Basic para Calcular las Elasticidades de Sustitución  
entre los Factores Productivos a partir de la Función de Producción  
TRANSLOG de tres Factores**



```

10 DIM M1(35), M2(35), M3(35), M4(35), A(35), R(10,30), E(8,35), G(10,35)
20 FOR X=1 TO 6
30 INPUT "M1=",M1(X):INPUT "m2=",M2(X)
32 INPUT "M3=",M3(X)
40 NEXT X
45 C1=-.0627514:C2=-.0501428:C3=-.0053683:C4=-.0140136:C5=.0212591:C6=.0732128
50 FOR X=1 TO 6
60 A(1)=0
61 A(2)=M1(X)
62 A(3)= M2(X)
63 A(4)=M3(X)
64 A(5)=M1(X)
65 A(6)=C1+M1(X)*M1(X)-M1(X)
66 A(7)= C2+M1(X) * M2(X)
67 A(8)=C3 + M1(X) * M3(X)
68 A(9)= M2(X)
69 A(10)= C2 + M1(X) * M2(X)
70 A(11) = C4 + M2(X) * M2(X) -M2(X)
71 A(12) = C5 + M2(X) * M3(X)
72 A(13) = M3(X)
73 A(14)= C3 + M1(X) * M3(X)
74 A(15) = C5 + M2(X) * M3(X)
75 A(16) = C6 + M3(X) * M3(X) - M3(X)
79 P1 = (A(5)*A(11)*A(16)+A(7)*A(12)*A(13)+A(8)*A(9)*A(15))
80 P2 = (A(8)*A(13)*A(11)+A(5)*A(12)*A(15)+A(7)*A(9)*A(16))
81 R(2,X)=(-A(2))*X(P1-P2)
89 P1 = (A(5)*A(10)*A(16)+A(6)*A(12)*A(13)+A(8)*A(9)*A(14))
90 P2 = (A(8)*A(10)*A(13)+A(5)*A(12)*A(14)+A(6)*A(9)*A(16))
91 R(3,X)=(A(3))*X(P1-P2)
99 P1 = (A(5)*A(10)*A(15)+A(6)*A(11)*A(13)+A(7)*A(9)*A(14))
100 P2 = (A(7)*A(10)*A(13)+A(5)*A(11)*A(14)+A(6)*A(9)*A(15))
101 R(4,X)=(-A(4))*X(P1-P2)
107 RT(X)=R(2,X)+R(3,X)+R(4,X)
109 REM "XXXXXXXXXXXXXXXXXX COFACTOR KK XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
110 P1=(A(1)*A(16)*A( 6)+A(5)*A(14)*A(4 )+A(2)*A(8)*A(13))
115 P2=(A(4)*A(6)*A(13)+A(1)*A(8 )*A(14)+A(5)*A(2 )*A(16))
120 G(2,X)=(P1-P2)
124 REM "XXXXXXXXXXXXXXXXXX COFACTOR MM XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
125 P1=(A(1)*A(6)*A(11)+A(5)*A(3)*A(10)+A(9)*A(2)*A(7 ))
130 P2=(A(9)*A(6)*A(3 )+A(1)*A(7)*A(10)+A(5)*A(2)*A(11))
135 G(3,X)=P1-P2
137 REM "XXXXXXXXXXXXXXXXXX COFACTOR LM XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
140 P1=(A(1)*A(10)*A(15)+A(9)*A(14)*A( 3)+A(13)*A(2)*A(11))
145 P2=(A(3)*A(10)*A(13)+A(1)*A(11)*A(14)+A(2)*A(9)*A(15))
150 G(5,X)=P1-P2

```

```

153 REM "XXXXXXXXXX COFACTOR LK XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
155 P1=(A(1)XA(10)XA(16)+A(9)XA(14)XA(4)+A(13)XA(2)XA(12))
160 P2=(A(13)XA(4)XA(10)+A(1)XA(14)XA(12)+A(9)XA(2)XA(16))
165 G(4,X)=-1X(P1-P2)
167 REM "XXXXXXXXXX COFACTOR KM XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
170 P1=(A(1)XA(6)XA(15)+A(5)XA(14)XA(3)+A(13)XA(2)XA(7))
175 P2=(A(13)XA(6)XA(3)+A(1)XA(14)XA(7)+A(2)XA(15)XA(5))
180 G(6,X)=-1X(P1-P2)
184 REM "XXXXXXXXXX COFACTOR LL XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
185 H1=(A(16)XA(1)XA(11)+A(15)XA(9)XA(4)+A(3)XA(13)XA(12))
190 H2=(A(11)XA(4)XA(13)+A(15)XA(12)XA(1)+A(16)XA(9)XA(3))
195 G(1,X)=H1-H2
200 REM "XXXXXXXXXXXXXXXX ELASTICIDADES XXXXXXXXXXXXXXX"
205 REM "XXX LL XXX"
210 E(1,X)=G(1,X)/RT(X)
215 REM "XXX KK XXX"
220 E(2,X)=G(2,X)/RT(X)
225 REM "XXX MM XXX"
230 E(3,X)=G(3,X)/RT(X)
235 REM "XXX LK XXX"
240 E(4,X)=G(4,X)/RT(X)
245 REM "XXX LM XXX"
250 E(5,X)=G(5,X)/RT(X)
255 REM "XXX KM XXX"
260 E(6,X)=G(6,X)/RT(X)
270 NEXT X
280 FOR X=1 TO 6
290 PRINT "ell=";E(1,X)
291 PRINT "ekk=";E(2,X)
292 PRINT "emm=";E(3,X)
293 PRINT "elk=";E(4,X)
294 PRINT "elm=";E(5,X)
295 PRINT "ekm=";E(6,X)
296 INPUT P$
297 PRINT
300 NEXT X
310 INPUT "IMPRIMIR (S/N)",I$
315 IF I$="S" THEN GOTO 325
316 IF I$="s" THEN GOTO 325
320 END
325 FOR X=1 TO 6
327 LPRINT "observacion #";X
330 LPRINT "ell=";E(1,X)
331 LPRINT "ekk=";E(2,X)
332 LPRINT "emm=";E(3,X)
333 LPRINT "elk=";E(4,X)
334 LPRINT "elm=";E(5,X)
335 LPRINT "ekm=";E(6,X)
336 LPRINT
338 NEXT X

```

## Apéndice 4.

### El Concepto de Separabilidad Débil, la Elasticidad de Sustitución y la Agregación entre Factores Productivos <sup>(8)</sup>.

Sea  $q = f(X) = F(X_L, X_k, X_M)$  una función de producción donde  $X_L$  = trabajo,  $X_k$  = capital y  $X_M$  = materiales, donde  $N = [1, \dots, n]$  representa un grupo de  $n$  factores productivos que están divididos en  $r$  sub-grupos de tal forma que  $[N_1, \dots, N_r] = R$ .

**Definición:** La función  $f(X)$  presenta separabilidad débil con respecto a  $R$ , si la tasa marginal de sustitución técnica (TMST) entre cualquier par de factores  $X_i$  y  $X_j$  de cualquier sub-grupo  $N_s$  ( $s = 1, \dots, r$ ) es independiente de las cantidades de factores no considerados en  $N_s$ .

Esto significa, en símbolos que;

$$(1-A4) \quad \frac{\partial (f_i / f_j)}{\partial X_m} = 0 \quad \text{donde } i, j \in N_s, m \notin N_s$$

$$f_i = \frac{\partial F}{\partial X_i}, \quad f_j = \frac{\partial F}{\partial X_j}$$

Humphrey y Moroney (1975) presentan esta definición en forma intuitiva: "Suponga que el uso de  $X_k$  y  $X_L$  se mantiene constante mientras que el uso de  $X_M$  aumenta. Si el aumento en  $X_M$  hace que  $X_k$  y  $X_L$  sean más efectivos al margen, y aumenta su efectividad en exactamente la misma cantidad, entonces  $X_k$  y  $X_L$  son funcionalmente separables de  $X_M$ . En otras palabras, el mayor empleo de  $X_M$  desplaza los productos marginales del capital y el trabajo en la misma proporción, con lo que es razonable pensar que  $X_M$  tiene la misma relación de sustitución o complementariedad con  $L$  y  $K$ ". (p. 62)

(8) Para ampliar la relación de estos conceptos ver; Berndt E. y Christensen L. (1973a): *The Internal Structure of Functional Relationships: Separability, Substitution, and Agrregation*; Review of Economic Studies 40, pp. 403-410.

Realizando la derivada en (1-A4), tenemos;

$$(2-A4) \quad f_j f_{im} - f_i f_{jm} = 0$$

que se conoce como la condición de separabilidad. Siguiendo el desarrollo de Berndt y Christensen (1973a).

$$(3-A4) \quad T_{im} = \frac{\sum f_h X_h}{X_i X_m} \frac{E_{im}}{F}$$

donde  $T_{im}$  se refiere a la elasticidad de sustitución entre los factores  $i$  y  $m$ . Como;

$$(4-A4) \quad \mu \frac{\partial X_i}{\partial P_m} = \frac{E_{im}}{F} \quad y \quad f_h = P_h / \mu$$

donde  $\mu$  se refiere al costo marginal. Entonces sustituyendo las expresiones (4-A4) en (3-A4) llegamos a:

$$(5-A4) \quad T_{im} = \frac{\sum P_h X_h}{X_i X_m} \frac{\partial X_i}{\partial P_m}$$

El teorema de Hotelling<sup>(9)</sup> establece que:

$$(6-A4) \quad X_i = \frac{\partial C}{\partial P_i} = G_i, \quad X_j = \frac{\partial C}{\partial P_j} = G_j$$

---

(9) Ver op. cit. Diewert (1978) y Blackorby, Primont y Russel (1978).

donde  $X_i, X_j$  se refiere a las demandas de factores,  $C = G(p)$  es el costo de producción y  $P_i, P_j$  son los precios de los factores productivos.

por otro lado;

$$(7-A4) \quad \frac{\partial X_i}{\partial P_m} = \frac{\partial G_i}{\partial P_m} = \frac{\partial^2 C}{\partial P_j \partial P_m} = G_{im}$$

sustituyendo (6-A4) y (7-A4) en (5-A4), tenemos que;

$$(8-A4) \quad T_{im} = \frac{G_{im}}{G_i G_m}$$

representa la elasticidad de sustitución definida en la expresión (5A-4) y por analogía,

$$(9-A4) \quad T_{jm} = \frac{G_{jm}}{G_j G_m}$$

La condición de separabilidad (2-A4) implica que  $G_j G_{im} = G_i G_{jm}$  y al sustituirse en (9-A4), llegamos a;

$$(10-A4) \quad T_{jm} = \frac{G_{im}}{G_i G_m}$$

que es igual a  $T_{im}$  (8-A4), lo cual significa que la separabilidad débil en  $f(X)$  con respecto a  $R$  en cualquier punto implica que  $T_{im}$  sea igual a  $T_{jm}$  ( $i, j \in N_s, m \notin N_s$ ), o dicho de otra forma, la condición necesaria y suficiente para que  $X_m$  sea separable de  $X_i$  y  $X_j$  en  $f(X)$  es que  $T_{im}$  sea igual a  $T_{jm}$ .

Estas implicaciones de la separabilidad en las relaciones entre elasticidades de sustitución nos llevan a una forma de probar la existencia de índices de agregación consistentes de factores productivos.

Berndt y Christensen (1973 y 1974) realizan un análisis de este tipo para probar la existencia de un índice de agregación para los factores capital y trabajo en la Industria Manufacturera de Estados Unidos.

Si especificamos una función de producción como  $q = f[(L1, L2), K]$  con dos tipos o subgrupos del factor trabajo y si se prueba que  $T_{L1, k} = T_{L2, k}$ , ésto significará que L1 y L2 son separables del capital, pero también se estará probando la existencia de un índice de agregación consistente para el trabajo. Tal como lo apuntan Berndt y Christensen (1973a) "existirá un índice de agregación consistente para un subgrupo de factores productivos si y solo si dicho subgrupo de factores presenta separabilidad débil de todos los demás factores" (p. 404).

## Apéndice 5.

### Los Números Índices Divisia.

Charles R. Hulten (1973) expone algunas características de los índices divisia que se condensan a continuación por ser importantes en las consideraciones respecto a la medición y agregación de la información en esta investigación.

"Un índice divisia es una suma ponderada de tasas de crecimiento, donde los ponderadores son las participaciones de los componentes en el valor total" (p-1017).

En el caso particular de este estudio, la definición significa que un índice divisia para un factor productivo particular se encuentra sumando las tasas de crecimiento, ya sea de las cantidades del factor o del precio del factor, de las diferentes categorías que lo componen, ponderando esa suma con la participación del costo de cada categoría respecto al costo total del factor en cuestión. Esto implica por lo tanto tener la información referente a los precios y cantidades de cada categoría que compone un factor productivo en particular.

Partiendo de que  $\{ X_1(t), X_2(t), \dots, X_N(t) \}$  es el grupo de observaciones de las cuales se obtendrá un índice y  $\{ P_L(t), P_k(t), P_M(t) \}$  el vector de precios correspondiente. El índice divisia en su forma continua es;

$$(1-A5) D(T) = \exp \left\{ \int \left( \frac{\sum P_j(t) X_j(t)}{\sum P_j(t) X_j(t)} \frac{X_i(t)}{X_i(t)} \right) \right\}$$

Dado que los datos económicos toman la forma de observaciones en puntos discretos en el tiempo, la forma relevante en este caso es;

$$(2-A5) \log (D_t) - \log (D_{t-1}) = \sum 1/2 \left[ V_{i,t} + V_{i,t-1} \right] \left[ \log (X_{i,t}) - \log (X_{i,t-1}) \right],$$

donde;

$$V_{i,t} = (P_{i,t} X_{i,t}) / \sum P_{j,t} X_{j,t}$$

Este índice discreto tiene dos propiedades importantes: se puede calcular teniendo observaciones de precios y cantidades y esta forma tiende a la continua en la medida que  $\Delta t$  se aproxime a cero.

Hulten (1973), más que mencionar las propiedades que tienen los índices divisia, discute el principal defecto que puede implicar el uso de dichos índices relacionándolo con la teoría económica de agregación, respecto a los factores productivos, aspecto que se presenta, éste de agregación de factores, en el apéndice cuatro de la presente investigación.

La desventaja en el uso de los índices divisia consiste en que como son integrales lineales, dependen en general, de la trayectoria en la cual sea considerada dicha integración.

La existencia de esta dependencia implica que el valor del índice puede crecer o decrecer en forma arbitraria, sin que exista por tanto, una causa aparente que justifique dicho comportamiento. Esto significa que, si por ejemplo las x's las interpretamos como factores productivos y las p's como los precios que les correspondan, con tecnología constante el valor del índice de un factor puede crecer arbitrariamente.

Para que esta dependencia o comportamiento cíclico en el índice no se presente, deben cumplirse tres condiciones que son necesarias y suficientes;



- i). La existencia de un índice consistente de agregación para el factor en cuestión.
- ii). Homogeneidad lineal de este agregado.
- iii). La existencia de un precio "normal" en cada punto del subgrupo de factores productivos.

Al no existir la citada dependencia, un índice divisia es tan bueno como cualquier otro índice, vgr. Paasche o Laspeyres.

