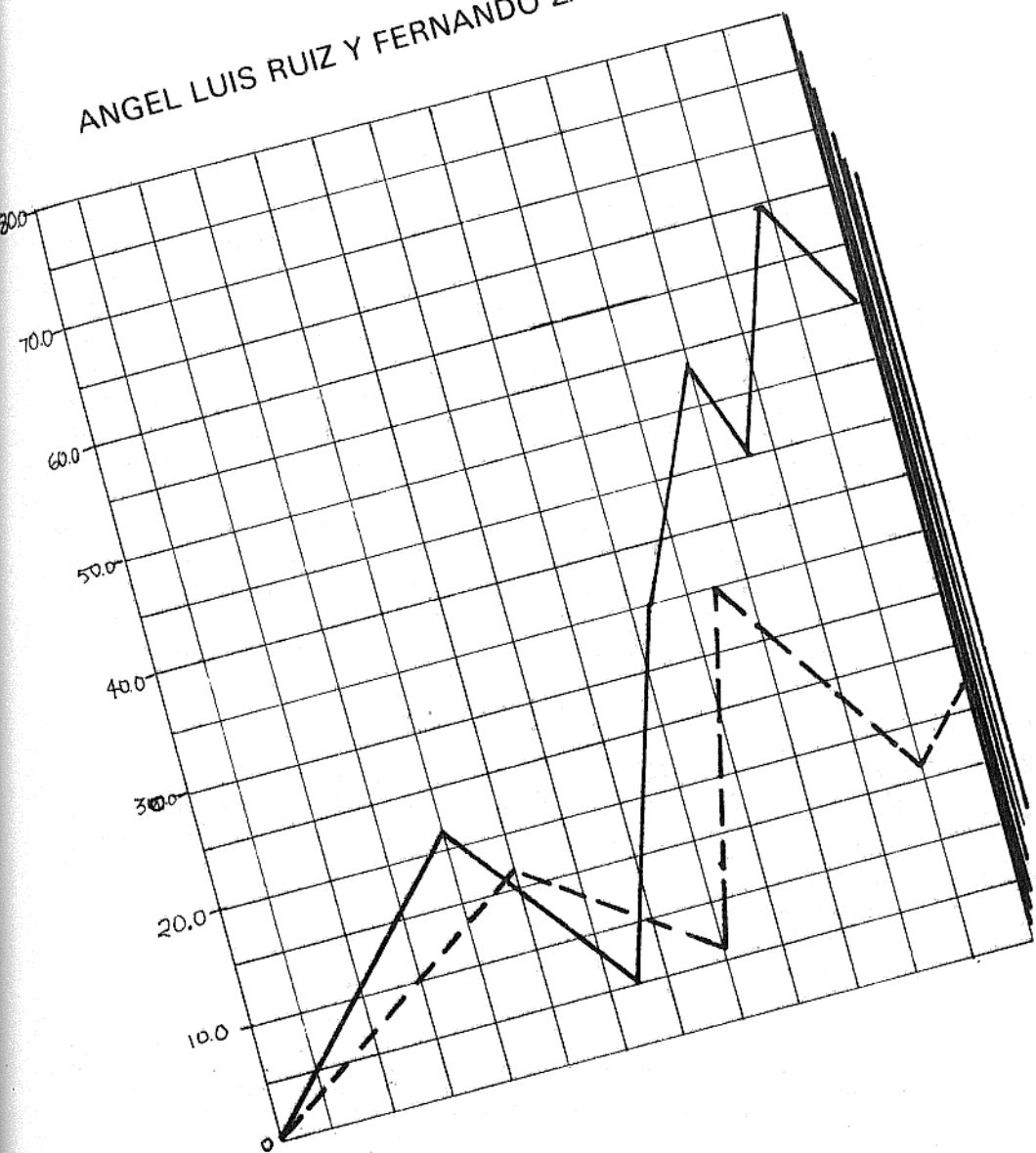


# LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL EN LA ECONOMIA DE PUERTO RICO

ANGEL LUIS RUIZ Y FERNANDO ZALACAIN



## LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL EN LA ECONOMIA DE PUERTO RICO\*

*Por: Angel Luis Ruiz, Ph.D. y  
Fernando Zalacaín, M.A.\**

### I. INTRODUCCION

Los índices de productividad pueden dividirse en dos categorías, parciales o totales. Los índices parciales son la producción promedio (del capital o de la mano de obra) y el total se define como la producción por unidad de los factores trabajo y capital combinados. Como regla general no es aconsejable limitar los índices de productividad a aquellos que establecen una relación de la producción con un solo factor de producción. Lo ideal sería usar varios factores de producción combinados, sin embargo, es difícil lograrlo, dada la limitación de datos, especialmente por sector industrial. En el presente estudio se medirá la productividad total usando el índice de progreso tecnológico desarrollado por primera vez para los Estados Unidos por el economista Robert Solow (Solow, 1957). Es decir, se tratará de medir la productividad usando en forma combinada los factores de producción, trabajo y capital. Como resultado de la metodología usada en este estudio se obtendrá una medida de cambio tecnológico (o llamado "residual") y se estimará una relación entre producción y factores de producción, mejor conocida como "función de producción".

### II. MODELO MATEMATICO

Se parte de la relación tecnológica entre producción y factores de producción, es decir, una función de producción. En el presente estudio, esta última se define matemáticamente como se ilustra a continuación:

$$1. \quad Q = f(K, L, T)$$

donde:

---

\* Los autores son Catedráticos Asociados, Departamento Economía Colegio Ciencias Sociales, U.P.R. y Estudiante Graduado de la Universidad de Illinois respectivamente. El estudio fue financiado por el Consejo Asesor del Gobernador sobre Política Laboral

Q	=	producción neta
K	=	capital
L	=	trabajo
T	=	cambio tecnológico

Un cambio en la producción, dada la misma cantidad de factores, implica un cambio tecnológico, lo cual desplaza la curva de la función producción. En la variable T se incluyen aquellos elementos que inducen al mencionado desplazamiento.<sup>1</sup> Existen cambios tecnológicos neutrales (no están sesgados hacia técnicas intensivas en uno u otro factor de producción) y no-neutrales. Si en el modelo se asume cambio tecnológico neutral, o sea, si la tasa marginal de sustitución entre el capital y trabajo se mantiene constante, la función producción luciría como sigue:

$$2. \quad Q = A(t) f(K, L,)$$

donde

A(t) = índice de cambio tecnológico (mide el desplazamiento de la función producción a través del tiempo) Para determinar el cambio en la producción a través del tiempo se diferencia matemáticamente la producción con respecto a la variable tiempo y se divide por Q. O sea,

$$3. \quad \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{A \partial f}{K} \frac{\Delta K}{Q} + \frac{A \partial f}{L} \frac{\Delta L}{Q}$$

Ahora se procede a definir las siguientes relaciones:

$$3a. \quad W_K = \left( \frac{\partial Q}{\partial K} \right) K/Q$$

$$3b. \quad W_L = \left( \frac{\partial Q}{\partial L} \right) L/Q$$

donde:

1. Edward Denison ha hecho una clasificación de estos elementos que pueden incluir desde un aumento en la educación de la fuerza obrera hasta un mejoramiento en la capacidad organizativa de las empresas (Denison, 1972).

$W_K$  y  $W_L$  son las proporciones del valor añadido que se le pagan al capital y a la mano de obra respectivamente. Dada las relaciones antes definidas, entonces:

$$4. \quad \frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta A}{A} + W_K \frac{\Delta K}{K} + W_L \frac{\Delta L}{L}$$

Matemáticamente, si se asume que la escala de producción no introduce rendimientos crecientes, o decrecientes (o sea, que los rendimientos de escala son constantes) y si la función de producción es homogénea de grado 1, la ecuación anterior se puede escribir como sigue:

$$5. \quad \frac{\Delta q}{q} = \frac{\Delta A}{A} + W_L \frac{\Delta K}{K}$$

donde:

$$\begin{aligned} q &= Q/L \\ K &= K/L \\ W_L &= 1 - W_K \end{aligned}$$

Dada la función producción descrita en la ecuación anterior, es posible estimar el cambio en la productividad total de los factores  $\frac{\Delta A}{A}$  y el índice de cambio tecnológico,  $A(t)$ .

### III. METODOLOGIA Y FUENTES DE DATOS

Uno de los problemas más serios enfrentados en este estudio fue la falta de datos, especialmente datos sobre acervo de capital y distribución funcional del ingreso neto interno por sector industrial. Sin embargo, se pudo contar con un estimado del acervo de capital agregado.<sup>2</sup> (Véase Tabla 1) La información de empleo y producción fue computada utilizando datos del Departamento del Trabajo y la Junta de Planificación. En el caso del ingreso neto interno fue necesario ajustar la serie de distribución funcional del mismo para agregarle el pago a los factores externos.

2. Los estimados de acervo de capital se tomaron de Azón, 1975.

El cálculo de la productividad total e índice de cambio tecnológico requiere que se computen algunas relaciones derivadas de la ecuación número 5, a saber; la relación de producto bruto interno a mano de obra ( $Q/L$ ), la relación de acervo de capital a mano de obra ( $K/L$ ) y la proporción de ingreso que va como pago por el uso de capital (igual a uno menos el porcentaje que va como pago al factor mano de obra  $- W_K = 1 - W_L$ ). Una vez obtenidas estas relaciones usando la ecuación 5 se puede obtener el índice de productividad total de los factores. La Tabla 2 muestra la serie estimada de distribución funcional del ingreso interno y la Tabla 3 la serie de relaciones necesarias para estimar el índice de cambio tecnológico. El índice de productividad total se expresa algebraicamente como sigue:

$$5a. \frac{\Delta A}{A} \quad \Delta Q/L / Q/L \quad W_K \Delta K/L / K/L$$

**TABLA 1**  
**ESTIMADO DE ACERVO DE CAPITAL:**  
**PUERTO RICO: 1947-1974**  
**(A precios de 1954)**

Año fiscal	Acervo de capital (\$ millones)	Año fiscal	Acervo de capital (\$ millones)
1947	\$1,340	1961	\$2,597
1948	1,350	1962	2,812
1949	1,395	1963	3,062
1950	1,443	1964	3,308
1951	1,496	1965	3,652
1952	1,580	1966	3,747
1953	1,638	1967	4,401
1954	1,704	1968	4,838
1955	1,779	1969	5,293
1956	1,882	1970	5,728
1957	1,987	1971	6,291
1958	2,116	1972	6,862
1959	2,283	1973	7,478
1960	2,433	1974	7,981

**TABLA 2**  
**ESTIMACION DE LA DISTRIBUCION FUNCIONAL DEL**  
**INGRESO INTERNO: PUERTO RICO 1947-1975**

Año	Compensación a empleados	Ingreso de la propiedad	Ingreso inter-no neto	Proporción del pago al factor capital con el valor agregado
1947	282.8	222.8	505.6	.49
1948	309.6	209.8	519.4	.40
1949	335.5	223.9	559.4	.40
1950	341.0	242.0	583.0	.42
1951	377.4	280.1	657.5	.43
1952	427.2	313.3	740.5	.42
1953	448.0	323.4	771.4	.42
1954	496.4	339.3	835.7	.41
1955	516.4	363.7	880.1	.41
1956	560.5	391.6	952.1	.41
1957	627.3	392.7	1020.0	.39
1958	688.0	409.4	1097.4	.37
1959	746.6	479.0	1225.6	.39
1960	837.7	526.4	1364.1	.39
1961	931.1	608.5	1539.6	.40
1962	1059.8	677.5	1737.3	.39
1963	1191.4	771.5	1962.9	.39
1964	1300.6	826.8	2127.4	.39
1965	1450.1	897.5	2347.6	.38
1966	1600.8	991.4	2592.2	.38
1967	1794.6	1081.3	2875.8	.38
1968	2017.0	1182.3	3199.3	.37
1969	2307.0	1297.0	3604.6	.36
1970	2660.9	1455.4	4116.3	.35
1971	3063.7	1643.6	4707.3	.35
1972	3414.7	1890.8	4707.3	.36
1973	3875.5	2174.5	5305.0	.36
1974	4226.9	2487.7	6050.0	.37
1975	4646.3	2454.6	7100.9	.35

**TABLA 3**  
**DATOS PARA EL CALCULO DEL INDICE TECNOLOGICO**  
 (A precios de 1954)

Año	Proporción del pago al factor capital*	Capital (Acervo) por Hora-Hombre (K/L)	Ingreso Bruto Privado no agrí- cola Hora-Hombre (Q/L)
1948	0.40	1.9988	.75
1949	0.40	2.1872	.87
1950	0.42	2.1102	.92
1951	0.43	2.0850	.92
1952	0.42	2.3248	.97
1953	0.42	2.5466	1.13
1954	0.41	2.8086	1.24
1955	0.41	2.8505	1.28
1956	0.41	2.7627	1.26
1957	0.39	2.9186	1.38
1958	0.37	3.1246	1.39
1959	0.39	3.3309	1.49
1960	0.39	3.5235	1.59
1961	0.40	3.4594	1.63
1962	0.39	3.9389	1.87
1963	0.39	4.3151	2.09
1964	0.38	4.4700	2.18
1965			
1966	0.38	4.0277	2.05
1967	0.38	4.8845	2.28
1968	0.37	5.1859	2.33
1969	0.36	5.2861	2.37
1970	0.35	5.6195	2.48
1971	0.35	6.0806	2.58

\* Los datos de distribución funcional del ingreso están sujetos a cierta distorsión derivada de los cambios en la estructura corporativa de los últimos 20 años.

Año	Proporción del pago al factor capital*	Capital (Acervo) por Hora-Hombre (K/L)	Ingreso Bruto Privado no agrícola Hora-Hombre (Q/L)
1972	0.36	6.3844	2.63
1973	0.36	6.6696	2.75
1974	0.37	7.3253	2.81

Por ejemplo, la productividad total para 1949 (usando la ecuación 5a) resultó ser:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{0.87 - 0.75}{0.75} - 0.40 \frac{2.1872 - 1.9988}{1.9988}$$

$$= 0.1600 - 0.0377 = 0.12230$$

(Véase Tabla 4, columna 6, para la verificación del cómputo para el mencionado año)

De las ecuaciones antes mencionadas también se puede derivar el índice de cambio tecnológico (mejor conocido como índice de cambio tecnológico del profesor Solow). Matemáticamente este último es igual a:

$$5b. \quad A_{(t)} = A_{(t-1)} \left( 1 + \frac{(\Delta A/A)_{(t-1)}}{A_{(t-1)}} \right)$$

Numéricamente para el año 1950 éste es igual a:

$$A_t = 0.98319 \left( 1.0 + \frac{0.12230}{0.98319} \right) = 1.10549$$

#### IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

##### Productividad total e índice de cambio tecnológico sin ajustar

La Tabla 4 muestra los estimados de la productividad de los factores ( $\Delta A/A$ ) y el índice de cambio tecnológico de Solow ( $A_t$ ). También se muestran las series necesarias para estimar los mismos. Un examen de esta tabla muestra que el



TABLA 4

LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS SERVICIOS DE CAPITAL:  
PUERTO RICO 1948-1974

Año	Capital	Relación capital trabajo	Ritmo de cambio de la relación capital-trabajo	Ritmo ponderado de la relación capital-trabajo*	Indice de productividad total	Indice de cambio tecnológico
1948	1350	1.9988	+.11424	+.04569	+0.01681	1.000
1949	1395	2.1872	.09425	.03770	0.12230	0.98319
1950	1443	2.1102	+.03520	+.01478	0.07225	1.10549
1951	1496	2.0850	+.01194	+.00513	0.00513	1.17772
1952	1580	2.3248	.11501	.04830	0.00604	1.18287
1953	1636	2.5466	.09540	.04006	0.12488	1.18891
1954	1704	2.8086	.10288	.04218	0.05516	1.31374
1955	1779	2.8505	.01491	.00611	0.02614	1.36889
1956	1882	2.7627	+.03080	+.01262	+0.0030	1.39502
1957	1987	2.9186	.05643	+.02200	0.07323	1.29202
1958	2116	3.1246	.07058	.02611	+0.01887	1.46524
1959	2283	3.3309	.06602	.02574	0.0462	1.44638
1960	2433	3.5235	.05182	.02254	0.4457	1.49257
1961	2597	3.4594	+.01819	+.00727	0.03242	1.53713
1962	2812	3.9389	.13860	.05405	0.09318	1.56954
1963	3062	4.3151	.09550	.03724	0.08040	1.66270
1964	3308	4.2366	+.01819	+.00709	+0.01683	1.70309
1965	3652	4.4700	+.05509	+.02093	+0.04769	1.72626
1966	3747	4.0277	+.09894	+.03759	+0.02204	1.77393
1967	4401	4.8845	.21272	.08083	0.03136	1.75189
1968	4838	5.1869	.06170	.02282	+0.0009	1.78324
1969	5293	5.2861	.01932	.00695	0.01021	1.78324
1970	5728	5.6195	.06307	.02207	0.02434	1.79344
1971	6291	6.0806	.08205	.02871	0.01161	1.81777
1972	6862	6.3844	.04995	.01798	0.00139	1.82936
1973	7478	6.6696	.04467	.01608	0.02954	1.83073
1974	7981	7.3253	.09831	.03637	+0.01456	1.86025

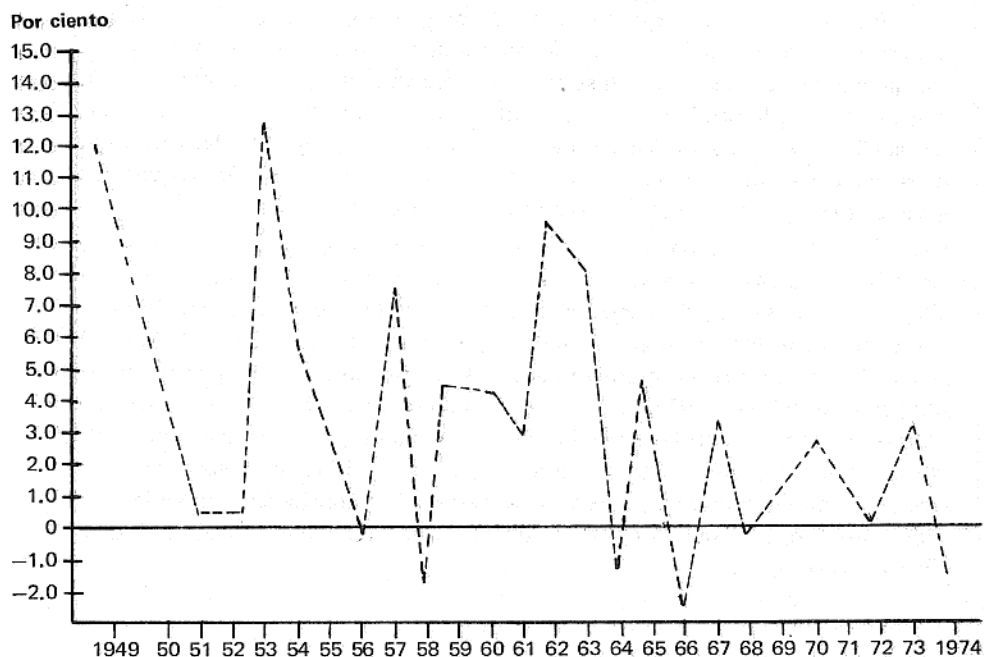
\*Ponderado por las proporciones del valor añadido que se le pagan al factor capital.

índice de productividad total fluctúa marcadamente. Este patrón de cambio coincide con los hallazgos del Profesor Solow para los Estados Unidos. En promedio, la productividad total muestra un marcado descenso a partir de 1966. Esta disminución debe ser motivo de preocupación para los encargados de la política pública en Puerto Rico.

En otras palabras, la productividad total de los factores de producción muestra, a partir del año 1966 aproximadamente, una disminución de consideración de las tasas históricas de crecimiento. La reducida tasa de crecimiento de la productividad se mantiene prácticamente hasta el último año de análisis, 1974. La gráfica 1 refleja claramente esta situación. Por otra parte, esas tendencias de la productividad total de los factores coinciden en términos generales con los del índice de productividad parcial del trabajo.

El análisis se torna aún más claro y evidente si se examina el índice de cambio tecnológico (última columna de la Tabla 4). Este indica una reducción importante en la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores a partir de mediados de los años sesenta. El índice creció de 1.31 en 1954 a 1.70 en 1964 o sea, un ritmo promedio anual de crecimiento de 2.63 por ciento. Sin embargo, de 1964 a 1974, el índice se incrementó de 1.70 a 1.86, o sea, en un ritmo promedio anual de sólo .89 por ciento. Esta reducción en la productividad total de los factores es muy significativa. A pesar de las complejidades de la medición de la productividad, estos resultados deben considerarse como la mejor aproximación de lo que está sucediendo con la productividad a nivel agregado en Puerto Rico.

**GRAFICA 1**  
**TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL**  
**DE LOS FACTORES: PUERTO RICO 1949-1974**



#### Productividad total e índice de cambio tecnológico ajustado

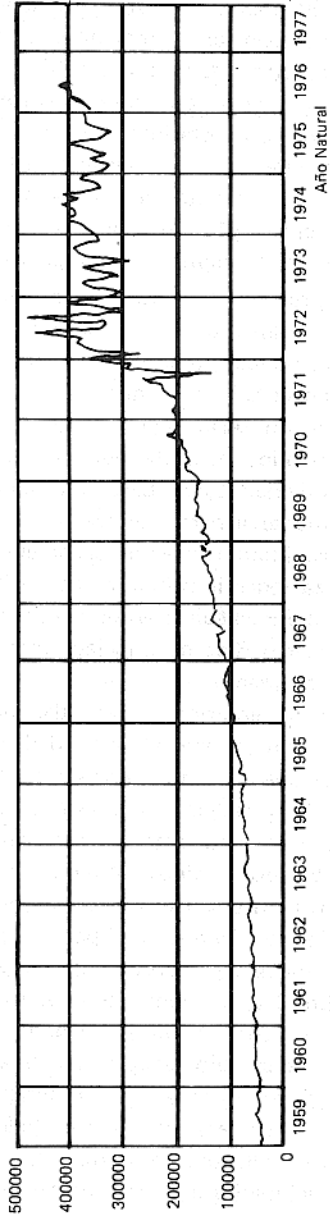
Con el objetivo de lograr un grado mayor de refinamiento en los resultados obtenidos, se decidió ajustar la serie de acervo de capital utilizando coeficientes de utilización de capacidad instalada. Claramente, si existe sub-utilización de capacidad de producción instalada se estaría sobre-estimando los insumos reales de capital y distorsionando así los resultados. De los trabajos que se han realizado en esta área, probablemente el más relevante sea el de Jorgenson y

Griliches (1969). Su trabajo consistió en ajustar el acervo de capital de acuerdo con el consumo de electricidad industrial. El ajuste se realizó interpolando los picos anuales del consumo de los motores eléctricos instalados en la industria. La nueva serie obtenida debe corresponder aproximadamente a la capacidad de producción instalada. Con esta información se computaron unos índices anuales que reflejan la relación entre el consumo real de electricidad y el indicador de capacidad obtenido mediante la interpolación. Los índices resultantes de utilización de capacidad aplicados a la serie de acervo de capital ofrecen una serie ajustada de insumos de capital. En el presente trabajo se intentó aplicar la metodología del profesor Jorgenson, mediante la cual se obtuvo una serie de consumo eléctrico industrial, pero se observó que el consumo eléctrico presenta un crecimiento continuado, prácticamente sin fluctuaciones anuales importantes desde los años cincuenta hasta principios de los años setenta. Esto implica que el ajuste del capital no sería significativo. En realidad, dada la información existente, este método de ajuste podría introducir algunas variaciones en el índice de productividad total, pero únicamente para el período posterior a 1969-1970. Solamente a partir de esa fecha, especialmente después de 1972, empiezan a ocurrir fluctuaciones de consideración en el consumo eléctrico que sugieren sub-utilizaciones importantes de las capacidades de producción. Si el ajuste utilizado por Jorgenson es apropiado, la información disponible indica que la economía de Puerto Rico ha trabajado prácticamente a capacidad plena hasta 1969-70, aproximadamente.

No obstante lo anterior y para dar una medida de magnitud de las implicaciones que podría tener el ajuste de la serie de capital, se decidió a modo de prueba suponer que la economía de Puerto Rico fluctúa simultáneamente con la de Estados Unidos y se ajustó el acervo de capital de Puerto Rico con el índice de utilización de capacidad instalada desarrollado por el Banco de la Reserva Federal de los Estados Unidos. Aunque la aplicación de este supuesto es discutible para los años cincuenta y sesenta, existe cierta evidencia de su validez para el sector de la manufactura en el período posterior a 1970.

La Gráfica 2 muestra el consumo de energía eléctrica industrial que se usó para llevar a cabo el ajuste junto con los índices de utilización de capacidad instalada que se muestran en la Tabla 5. La Tabla 6 muestra la productividad total y el índice de cambio tecnológico ya ajustados a los servicios del factor capital. Como se puede observar de esta última Tabla y de la Gráfica 3, el ajuste no cambió significativamente de los resultados que se muestran en la Tabla 4. Por lo tanto, las conclusiones anteriores que se obtuvieron sobre el comportamiento de los mencionados índices se mantienen.

**GRAFICA 2**  
**CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA INDUSTRIAL:**  
**PUERTO RICO 1959-1977**  
(En millones de kilovatios mensuales)



**TABLA 5**  
**INDICES DE UTILIZACION DE CAPACIDAD INSTALADA:**  
**ESTADOS UNIDOS 1947-1974**

Año	Indice
1947	90.6
1948	90.6
1949	90.6
1950	90.6
1951	94.0
1952	91.3
1953	94.2
1954	83.5
1955	90.0
1956	88.2
1957	84.5
1958	75.1
1959	81.4
1960	80.1
1961	77.6
1962	81.4
1963	83.0
1964	85.5
1965	89.0
1966	91.1
1967	87.9
1968	87.7
1969	86.5
1970	78.3
1971	75.0
1972	78.6
1973	83.0
1974	78.9

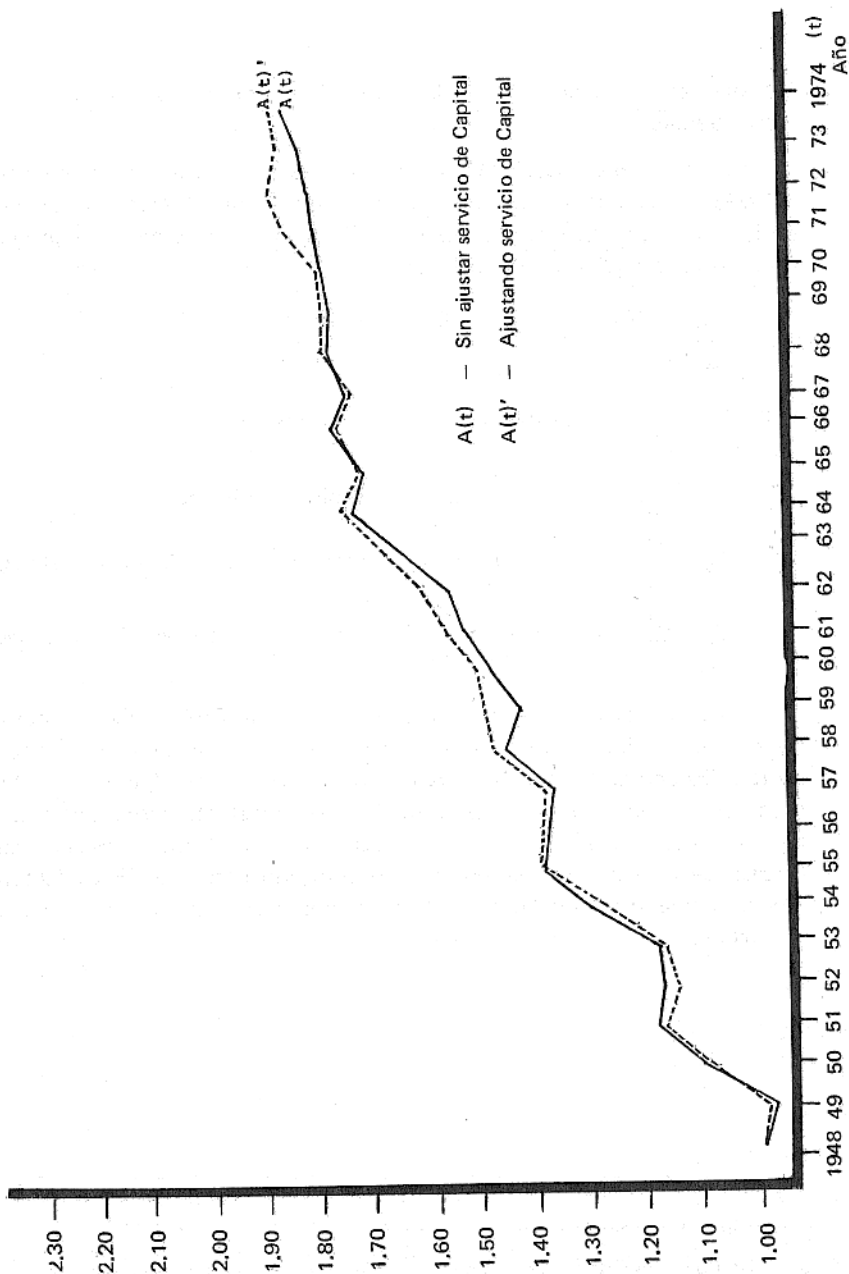
Fuente: Federal Reserve Bulletin, Enero de 1976.

Nota: Los datos para los años de 1947 a 1950 fueron estimados.

TABLA 6  
LA PRODUCTIVIDAD TOTAL AJUSTADA DE LOS SERVICIOS  
DE CAPITAL: PUERTO RICO 1948-1974

Año	Capital	Capital ajustado	Relación capital-trabajo ajustada	Ritmo de cambio de la relación capital-trabajo ajustada	Ritmo ponderado de la relación capital-trabajo ajustada *	Índice de productividad total	Índice de cambio tecnológico
1948	1350	1223	1.81077	-.11429	-.04571	-0.01679	1.0000
1949	1395	1264	1.98181	.09445	.03778	0.12222	0.98321
1950	1443	1307	1.91137	-.03554	-.01402	0.07239	1.10542
1951	1496	1406	1.95958	.02522	.01084	-0.01084	1.17780
1952	1580	1443	2.1233	.08354	.03508	0.01926	1.16696
1953	1638	1543	2.39894	.12981	.05452	0.11042	1.18621
1954	1704	1423	2.34547	-.02228	-.00913	0.10647	1.29662
1955	1779	1601	2.56529	.09372	.03842	-0.00617	1.40308
1956	1882	1660	2.43687	-.05006	-.02052	0.00490	1.29692
1957	1987	1679	2.46621	.01204	.00469	0.09054	1.40180
1958	2116	1589	2.34642	-.04857	-.01797	0.02521	1.49232
1959	2283	1858	2.71082	.15530	.06056	0.01138	1.51752
1960	2433	1949	2.82259	.04123	.01607	0.05104	1.52888
1961	2597	2015	2.68416	-.04904	-.01961	0.04476	1.57991
1962	2812	2289	3.20633	.19453	.07586	0.07137	1.62466
1963	3062	2541	3.58089	.11681	.04555	0.0729	1.69601
1964	3308	2828	3.62192	.01145	.00446	-0.02838	1.76809
1965	3652	3250	3.97796	.09830	.03735	0.03127	1.73971
1966	3747	3443	3.70095	-.06963	-.02645	-0.03318	1.77097
1967	4401	3868	4.29300	.15997	.06078	0.05141	1.73779
1968	4838	4243	4.54818	.05944	.02199	-0.00007	1.78919
1969	5293	4578	4.57205	.00524	.00188	0.01528	1.78913
1970	5728	4485	4.40007	-.03761	-.01316	0.05951	1.80440
1971	6291	4718	4.56021	.03639	.01273	-0.02759	1.86396
1972	6862	5394	5.01860	.10051	.03618	-0.01681	1.89154
1973	7478	6207	5.53603	.10310	.03711	0.00851	1.87474
1974	7981	6297	5.77971	.04401	.01628	0.00553	1.88323

INDICE DE CAMBIO TECNOLÓGICO DE SOLOW:  
 PUERTO RICO 1948-1974





### Las fuentes de crecimiento de la producción y de la productividad parcial del factor trabajo

Los datos mostrados en las secciones anteriores permiten además, usando un método contabilístico,<sup>3</sup> estimar cuáles son las fuentes de crecimiento del ingreso en Puerto Rico. Para esto es necesario ordenar la relación entre producción e insumos de la siguiente forma algebraica:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta A}{A} + W_K \frac{\Delta K}{K} + W_L \frac{\Delta L}{L}$$

donde:  $\frac{\Delta Q}{Q}$  = producción (o ingreso interno)

$\frac{\Delta A}{A}$  = contribución del cambio tecnológico

$W_K \frac{\Delta K}{K}$  = contribución del factor capital (ponderada por el pago al factor capital)

$W_L \frac{\Delta L}{L}$  = contribución del factor trabajo (ponderada por el pago a este insumo)

Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 7. Estos datos indican cierta disminución en los ritmos de aumento de los insumos de tecnología y capital. Descontando las súbitas variaciones de 1966 y 1967, el ritmo del insumo de capital se ha mantenido aproximadamente constante desde mediados de los años sesenta, observándose un ligero descenso en los últimos años analizados. En el caso de la tecnología se observa un continuo descenso. Estos factores han inducido una disminución en la tasa de crecimiento del ingreso neto privado no-agrícola.

3. Usado en los Estados Unidos por los profesores Denison, Kendrick y otros.

**TABLA 7**  
**CONTRIBUCION DE LOS FACTORES DE PRODUCCION**  
**AL AUMENTO DEL PRODUCTO BRUTO:**  
**PUERTO RICO 1948-1974.**  
**(En por cientos\*)**

Año	Contribución del cambio tecnológico	Contribución del factor trabajo	Contribución del factor capital	Tasa anual del crecimiento del producto bruto**
1948				6.3
1949	12.2	-3.9	1.3	9.6
1950	7.2	4.7	1.4	13.4
1951	0.5	2.8	1.6	4.9
1952	0.6	-2.8	2.4	0.2
1953	12.5	-2.3	1.5	9.3
1954	5.5	-3.0	1.7	3.6
1955	2.6	1.9	1.8	6.3
1956	- 0.3	5.3	2.4	7.4
1957	7.3	-0.4	2.2	9.1
1958	- 1.8	-0.2	2.4	1.8
1959	4.6	1.2	3.1	8.9
1960	4.5	0.4	2.6	7.4
1961	3.2	5.7	2.7	11.6
1962	9.3	-3.6	3.2	8.9
1963	8.0	-0.3	3.5	11.2
1964	- 1.5	5.9	3.1	7.3
1965	4.7	2.9	4.0	11.7
1966	- 2.2	8.6	1.0	7.4
1967	3.1	-2.1	6.6	7.6
1968	- 0.09	1.8	3.7	5.5
1969	1.0	4.9	3.4	9.4
1970	2.4	1.4	2.9	6.7
1971	1.2	0.5	3.4	5.2
1972	0.1	2.5	3.3	6.3
1973	3.0	2.8	3.2	9.1
1974	- 1.5	-2.0	2.5	- 1.0

\*En algunos casos existen pequeñas diferencias, lo cual es producto de redondeos. \*\*Las cifras del producto bruto han sido revisadas a partir del año de 1972, pero estos cambios no varían sustancialmente los resultados.

Además del análisis anterior, otro de los análisis más importantes que se pueden llevar a cabo usando los datos presentados anteriormente consiste en estimar cuál ha sido la contribución del capital y de la tecnología a los cambios en la productividad parcial del factor trabajo. Para estos propósitos se pueden usar las siguientes relaciones matemáticas:

$$K_t = \frac{(Q/L)_t}{A'(t)} - \frac{(Q/L)_{t-1}}{A'(t-1)}$$

$$T_t = (Q/L)_t - (Q/L)_{t-1} - K_t$$

donde:

$K_t$  = contribución del capital al aumento de la producción por hora-hombre.

$(Q/L)_t$  = Producción por hora-hombre del período  $t$ .

$(Q/L)_{t-1}$  = Producción por hora-hombre del período anterior.

$(A'(t))$  = 1.00

$A'(t-1)$  =  $\frac{A(t)}{A(t-1)}$

$T_t$  = Contribución de la tecnología al aumento de la producción por hora-hombre.

Para simplificar los cálculos, se aplican las fórmulas anteriores a los períodos que parecen relevantes para este análisis. Los resultados reflejados en la Tabla 8 confirman la tendencia decreciente de la contribución de la productividad total al aumento de la producción por unidad de mano de obra. Para los períodos de 1954-64 y a 1964-74 la contribución de la productividad total al aumento absoluto de la producción por hora-hombre disminuyó de 61 a 23 por ciento, mientras que la contribución del capital se incrementó de 39 al 77 por ciento.

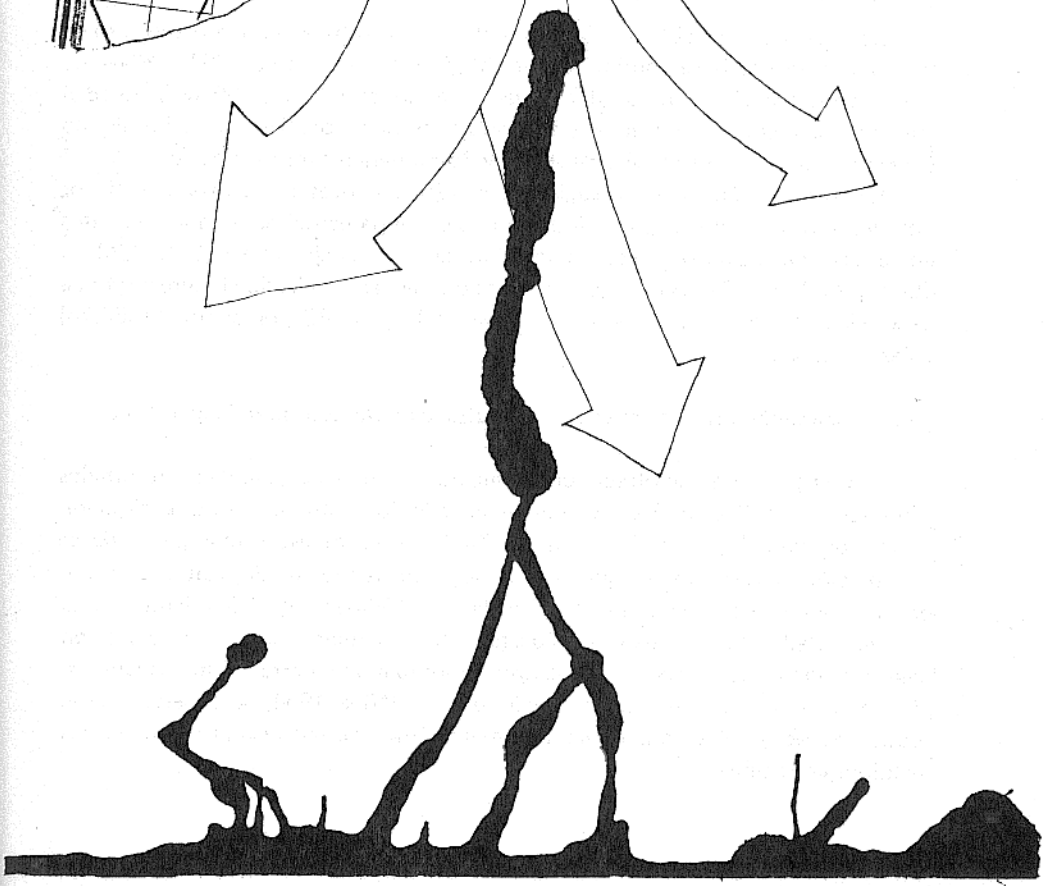
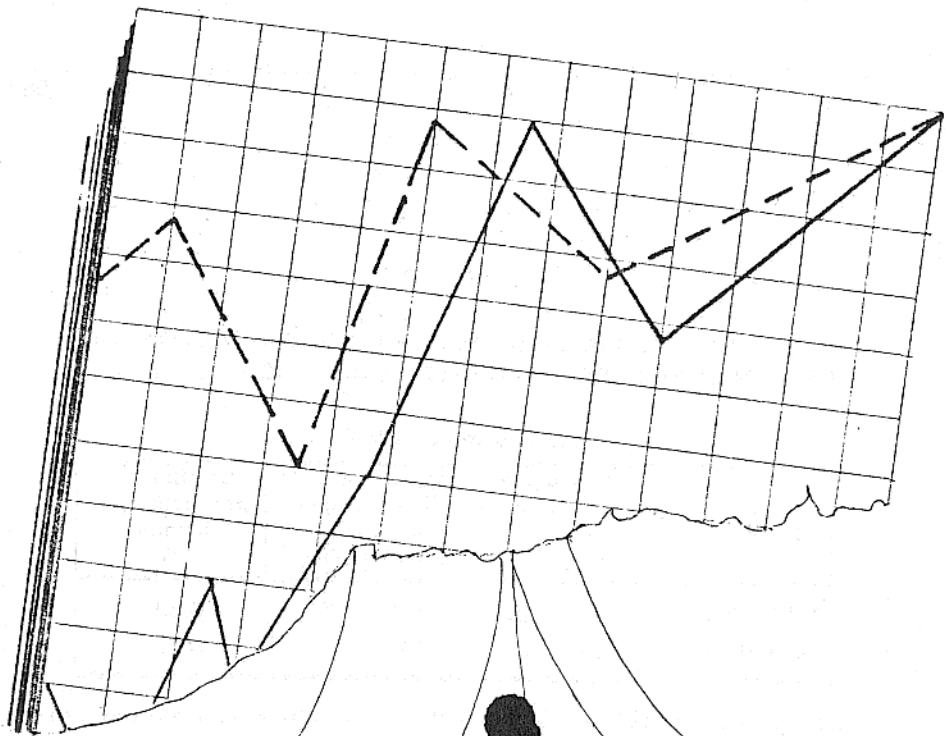


TABLA 8

**FUENTES DE CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD PARCIAL  
DEL TRABAJO: PUERTO RICO PERIODOS DE 1954-64 Y 1964-74**

(En dólares de 1954)

Período	Aportaciones del capital		Aportaciones de la tecnología		Cambios en productividad laboral %
	En \$\$	En %	En \$\$	En %	
1954-1964	0.31	39	0.49	61	0.80
1964-1974	0.59	77	0.18	23	0.77

Los datos de la Tabla 8 indican que de 1954 a 1964 el aumento absoluto de la producción por hora-hombre fue de \$0.80 mientras que de 1964 a 1974 ese crecimiento fue \$0.77. La productividad total contribuyó con \$0.49 y \$0.18 al aumento absoluto en el primer y segundo período respectivamente. En el caso del capital, la contribución fue de \$0.31 y \$0.59 para los mismos períodos.

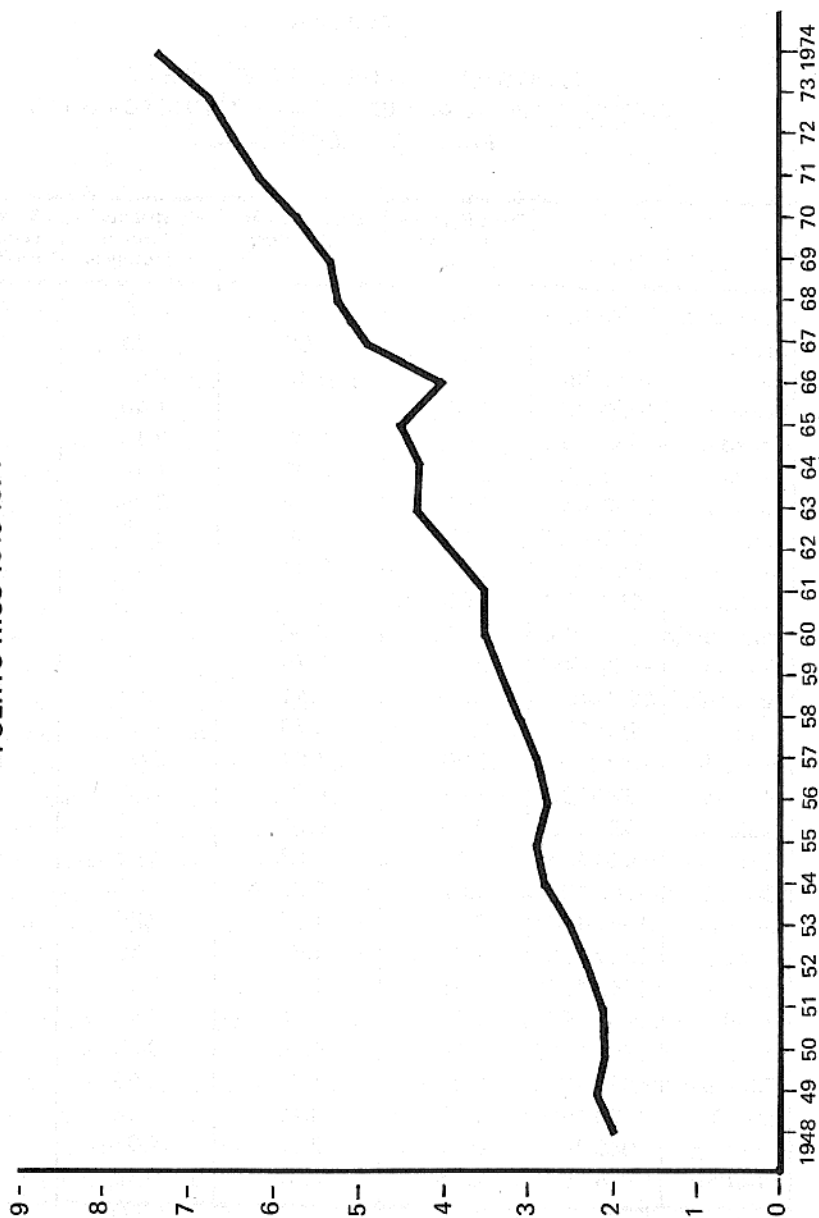
La información anterior sugiere que los aumentos de la producción por hora-hombre para el último período se deben fundamentalmente a incrementos en la tasa de capital/trabajo. La relación capital/trabajo aumentó de 4.23 en 1964 a 7.32 en 1974. En los dos períodos que se han analizado el incremento de esta relación fue de 51 por ciento (1954-64) y de 73 por ciento (1964-74) (véase gráfica 4).

**Una comparación internacional de los resultados obtenidos para Puerto Rico**

Con el propósito de ofrecer una comparación internacional de los resultados obtenidos para Puerto Rico se han analizado los datos de estudios similares realizados para otros países. En la Tabla 9 se muestra una parte de la información internacional que se ha logrado recopilar de estudios sobre productividad total. Durante la década de 1964-74 el crecimiento de la productividad total promedio en Puerto Rico es similar al grupo de países con menor crecimiento, a saber; India, Brasil, Colombia, Inglaterra y Estados Unidos. Sin embargo, si se considera el período de 1948 a 1964, se observa que la productividad total creció en la Isla a un ritmo mayor que la de los países incluidos en la tabla.

## GRAFICA 4

LA RELACION CAPITAL/TRABAJO:  
PUERTO RICO 1948-1974



**TABLA 9**  
**CONTRIBUCION DE LOS FACTORES DE**  
**PRODUCCION AL AUMENTO DEL PRODUCTO BRUTO:**  
**PAISES SELECCIONADOS**

País	Período	Contribución del factor trabajo	Contribución del factor capital	Contribución del cambio tecnológico	Tasa anual de crecimiento del producto bruto
Argentina	1950-1962	1.58	1.43	0.18	3.19
Brasil	1950-1962	2.44	1.66	1.39	5.49
Chile	1950-1962	1.05	0.32	2.83	4.20
Colombia	1950-1962	2.35	1.04	1.40	4.79
Ecuador	1950-1962	1.47	1.07	2.18	4.72
Honduras	1950-1962	2.17	0.95	1.40	4.32
México	1950-1962	2.41	2.82	0.74	5.97
Perú	1950-1962	1.40	1.40	2.83	5.63
Venezuela	1950-1962	2,59	2.04	3.11	7.74
Bélgica	1950-1962	0.92	0.41	1.87	3.20
Dinamarca	1950-1962	0.91	0.96	1.64	3.51
Francia	1950-1962	0.51	0.79	3.62	4.92
Alemania	1950-1962	1.88	1.41	3.97	7.26
Italia	1950-1962	1.10	0.70	4.16	5.96
Holanda	1950-1962	1.00	1.04	2.63	4.73
Noruega	1950-1962	1.51	0.89	2.05	3.45
Inglaterra	1950-1962	0.76	0.51	1.02	2.29
E.U.	1950-1962	1.41	0.83	1.08	3.32
Canadá	1950-1962	1.52	1.20	2.10	4.80
Grecia	1951-1961	2.80	1.63	0.86	5.68
Hawaii	1950-1960	1.76	1.77	1.66	5.20
India	1950-1960	1.86	1.55	1.06	4.48
Israel	1950-1965	3.50	4.10	3.40	11.00
Japón	1952-1967	2.45	4.49	2.03	9.42
Filipinas	1947-1965	2.24	1.01	2.50	5.75
U.R.R.S.	1950-1962	1.33	3.15	1.82	6.30
Pto.Rico	1949-1964	0.71	2.31	4.64	7.66
Pto.Rico	1964-1974	2.47	3.37	0.92	6.76

De acuerdo con la información obtenida, la contribución de la productividad total al incremento del producto bruto tiende a ser, en los países en desarrollo, menor que en los países más desarrollados. Esto significa que los países en desarrollo dependen más para su crecimiento de los aumentos en los insumos de capital y trabajo. Sin embargo, hay algunas excepciones, pues de los datos de la Tabla 8 se infiere que en países en desarrollo como Chile y Perú la contribución de la productividad es sustancial. En el caso de los países desarrollados la contribución de la productividad total al crecimiento del producto bruto tiende a ser muy significativa. En Francia e Italia la productividad total aportó el 70 por ciento o más del crecimiento en el producto bruto. Para la Unión Soviética la alta tasa de capitalización disminuye el peso relativo de los demás factores, lográndose de todas maneras obtener una alta tasa de crecimiento del producto bruto con una tasa relativamente baja de incremento de la productividad total. En el caso de los Estados Unidos, el comportamiento tan modesto de la productividad total parece ser la causa del crecimiento más lento de la economía para el período analizado. Al mismo tiempo, es importante señalar que no se observa una alta correlación entre los cambios en las tasas de crecimiento de la productividad y de la producción. Probablemente, series anuales arrojarían resultados más claros, pues supuestamente debe existir una relación importante entre el crecimiento de la economía y el aumento de la productividad.

Con respecto a los datos obtenidos para Puerto Rico se debe señalar una situación muy peculiar, diferente a otros países estudiados. La contribución de la productividad al aumento de la producción hasta mediados de los años sesenta, por lo general fue más del 50 por ciento, situándose Puerto Rico en un nivel comparable a la de los países desarrollados. Sin embargo, durante la última década analizada, cuando el grado de desarrollo económico del país fue mucho mayor, se observa que la contribución de la productividad disminuye sustancialmente y se hace muy similar a la de los países en desarrollo. Este proceso ocurre al mismo tiempo que se mantienen las tasas históricas de crecimiento del producto bruto (por lo menos hasta el año de 1973). En Puerto Rico el factor capital vino a sustituir al papel tan importante que ocupaba la productividad como fuente de crecimiento y esta contribución del capital fue lo que evitó que las tasas de aumento del producto y del ingreso se redujeran significativamente. Por otra parte, este último fenómeno también es muy peculiar, pues supuestamente debe existir una relación de importancia entre los insumos de capital y los cambios tecnológicos. Los resultados obtenidos sugieren que el tipo de capital invertido en Puerto Rico en los últimos años analizados no induce cambios



significativos en la productividad total. El mismo razonamiento se podría aplicar al factor trabajo. Obviamente este tipo de conclusiones debe tener repercusiones importantes en la política de inversiones y de adiestramiento que siga el país en el futuro. Puerto Rico necesita un tipo de inversión de capital que induzca mayor crecimiento en la productividad total por lo menos en los sectores exportadores. Un análisis sectorial desagregado del comportamiento de los índices tecnológicos podría indicar en qué dirección debe encaminarse la política pública.

La contribución del capital tiende a ser muy significativa en los países de rápida industrialización, jugando un papel menos importante en economías más maduras como las de Europa Occidental. Asimismo, aquellos países que tienen tasas muy bajas de crecimiento del producto presentan contribuciones menores del factor capital. Puerto Rico está situado entre los países de mayor contribución relativa del capital. Este ha contribuido con casi el 50 por ciento al crecimiento del producto bruto aunque la mayor parte no es capital local.

En el caso de la mano de obra (medida la contribución en horas-hombres en lugar de empleo) la aportación de este factor en Puerto Rico ha sido relativamente importante y es comparable a países como Estados Unidos, Canadá, Inglaterra y Bélgica.

## V. RESUMEN Y CONCLUSIONES

### Resumen

La productividad parcial del trabajo o del capital no es la medida más precisa para evaluar el comportamiento de la producción por empleado o por hora-hombre. Este último indicador puede crecer como resultado de múltiples factores, entre ellos el aumento en el uso de capital, el mejoramiento de las destrezas de los obreros, una mejor organización o la utilización de materias primas más eficientes. En otras palabras, se hace necesario identificar las fuentes del crecimiento de la producción por empleado para tener una visión más clara de lo sucedido con la productividad. En el presente trabajo se han identificado dos fuentes de crecimiento de la productividad parcial. Estos son el capital y la tecnología, definida esta última de una manera muy amplia. En esta parte del trabajo se utilizó la metodología del profesor Robert Solow, aplicada a Puerto Rico, lo que permitió computar un índice de productividad total o de cambio tecnológico, el cual constituye un instrumento de análisis más preciso que los anteriores. Asimismo, este enfoque permitió computar la contribución del trabajo, el capital y la tecnología al aumento de la producción de Puerto Rico.

## Conclusiones

Del análisis de los hallazgos contenidos en el estudio se desprenden las siguientes conclusiones:

1. El índice de cambio tecnológico de Solow aplicado a Puerto Rico muestra una reducción importante en la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores a partir de 1966. Estos resultados son similares a los del análisis utilizando índices parciales de productividad laboral. El índice creció de 1.31 en 1954 a 1.70 en 1964. Sin embargo, para los años de 1964 a 1974 su crecimiento aumentó de 1.70 a 1.86, denotando un cambio importante en el comportamiento de la productividad durante los últimos años analizados.
2. Si se ajustan los datos sobre el capital a base de índices de utilización de capacidad instalada utilizando el consumo eléctrico como indicador, se obtienen resultados similares a los anteriores.
3. El análisis de las fuentes de crecimiento de la producción por empleado muestra una tendencia decreciente de la contribución de la tecnología y un aumento importante de la contribución del capital. Los resultados indican que de 1954-64 y 1964-74 la contribución de la tecnología al aumento de la producción por hora-hombre trabajada disminuyó del 61 al 23 por ciento, mientras que la del capital aumentó del 31 al 59 por ciento. De los resultados anteriores se puede concluir que la disminución registrada en Puerto Rico en el ritmo de crecimiento de la producción por hora-hombre en la década de 1964-74 se debe a una reducción en la contribución de la tecnología y no a una disminución de la aportación del capital.
4. El crecimiento de la productividad total (o índice de cambio tecnológico) para la década de 1964-74 en Puerto Rico es similar a la de países con ritmos de crecimiento de productividad relativamente bajos. Una comparación internacional de Puerto Rico con 26 países indica la posición en desventaja que tiene la Isla en los últimos años analizados. Esto es contrario a lo sucedido durante la década de 1954-64 cuando el índice mostraba un comportamiento muy favorable para el país.
5. La contribución de la productividad total al aumento del producto bruto muestra también una reducción importante a partir de

mediados de los años sesenta llegando a ser, en términos relativos, muy similar a la de los países sub-desarrollados. Contradictoriamente, durante la década de 1954-64, cuando Puerto Rico tenía un nivel de desarrollo económico menor, la contribución de la productividad al aumento de la producción era muy parecida a la de los países más desarrollados.

6. La contribución del capital al aumento de la producción en Puerto Rico fue significativa durante 1954-1974. Esto ha permitido que Puerto Rico se coloque, en términos relativos, a niveles comparables a los de Japón, México y la Unión Soviética, que son los países en donde el capital ha jugado el papel más importante en el proceso de crecimiento para el período analizado.
7. La aportación de las horas-hombres trabajadas al aumento de la producción en Puerto Rico ha sido significativa, acentuándose esta contribución durante la década de 1964-74.

## **APENDICES**

## APENDICE

### LA FUNCION DE PRODUCCION AGREGADA

La función de producción estimada por el economista R. Solow tiene la siguiente forma simplificada.<sup>4</sup>

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

Suponiendo rendimientos constantes de escala, esta relación se puede expresar de la siguiente manera:

$$q = A(t) f(k, l)$$

donde:

$$q = Q/L$$

$$k = K/L$$

La función anterior se puede escribir de la siguiente forma:

$$Q/L = f(K/L)$$

Con el objetivo de probar este tipo de función de producción para Puerto Rico se decidió estimar la función con los datos disponibles. Con este objetivo, se probaron tres formas diferentes de ecuaciones, a saber:

$$1. \frac{Q/L}{A(t)} = a + \beta (K/L)$$

$$2. \log \frac{Q/L}{A(t)} = a + \beta \log (K/L)$$

$$3. \frac{Q/L}{A(t)} = a + \beta (K/L)$$

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

---

4. No se consideró oportuno explicar la derivación de las relaciones matemáticas que realiza R. Solow, 1957.

Ecuación	R <sup>2</sup>	F	DW	β	r
1	0.9609	614.213	1.175	0.0466	+
2	0.9753	988.676	1.953	0.0335	+
3	0.8065	104.219	1.431	0.0689	-

Después de realizar y analizar las diferentes pruebas estadísticas se llegó a la conclusión de que la segunda ecuación es la que presenta los valores más apropiados. Esta ecuación es la siguiente:

$$\log \frac{Q/L}{A(t)} = -0.60371 + 0.53308 \log (K/L)$$

Esta función es del tipo Cobb-Douglas e igual a la estimada por R. Solow para los Estados Unidos. Los resultados obtenidos, indudablemente le dan mayor grado de validez a todo el análisis de productividad total realizado anteriormente.

### Referencias Bibliográficas

- Azón, Raúl. 1975. "Un estimado de acervo de capital para Puerto Rico", San Juan, Depto. de Hacienda.
- Denison, E. F. 1972. "Classification of Sources of Growth", *Review of Income and Wealth* (marzo).
- Jorgenson, D. W. y Z. Griliches. 1969. "The Explanation of Productivity Change", *Review of Economic Studies* (julio).
- Solow, Robert. 1957. "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics* (agosto).

## RESUMEN

Los autores intentan medir la productividad total utilizando un índice de progreso tecnológico desarrollado por Robert Solow, usando en forma combinada los factores de producción, trabajo y capital. Entre los resultados obtenidos se destaca, entre otros, una reducción importante en la tasa de crecimiento de la productividad total a partir de 1966; una tendencia decreciente en la contribución de la tecnología y un aumento en la contribución del capital; así como una reducción de la contribución de la productividad total al aumento del producto bruto, a partir de mediados de la década del 60. Es de notar que este informe adelanta hallazgos que luego se confirman en el Informe Kreps.



### ABSTRACT

The authors try to measure total Puertorrican productivity using the index of technology progress developed by Solow, in a combined way with productivity factors such as work and capital. Among the results obtained are the following: an important contraction in the total productivity rate from 1966, contraction in the contribution of technology, and a raise in the contribution of the capital. There is also a reduction in the contribution of the total productivity to the growing product from middle of the 60's. It may be noted that this reserch reports finding that are lately confirmed by the "Kreps Report".