

**INTEGRACIÓN VERTICAL Y PRODUCTIVIDAD:
LA INTENSIFICACIÓN DE CAPITAL EN PUERTO RICO
DURANTE LAS DÉCADAS DEL 1960-1970**

VERTICAL INTEGRATION AND PRODUCTIVITY:
THE INTENSIFICATION OF CAPITAL IN PUERTO
RICO DURING THE DECADES OF 1960-1970

Carlos F. Liard-Muriente *

* Ph. D. Department of Economics (Chair), Connecticut State University, USA. Latin American, Latino and Caribbean Center (Associate Director).
liardcaf@ccsu.edu

Correspondencia: Robert Vance Academic Center, Suite 412 Central Connecticut State University, 1615 Stanley St., New Britain, CT 06050 USA.
Tel. (860) 832-2732.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo utilizar la técnica de integración vertical como alternativa a las medidas de productividad tradicionales basadas en la metodología de Insumo-Producto. El esquema de Leontief sufre ciertas limitaciones, las cuales tienen como base la hipótesis de que los coeficientes técnicos son constantes. Los coeficientes técnicos pueden variar por causa del cambio tecnológico, el cual actúa de forma independiente sobre los coeficientes técnicos. Es por eso que el factor “tiempo” juega un papel relevante mientras que en el caso de la integración vertical, no se confronta este problema; cualquier cambio, ya sea por rendimientos de escala o por progreso tecnológico, solo causa un cambio en el coeficiente verticalmente integrado, sin alterarse la estructura del sistema. En el artículo se utiliza la economía de Puerto Rico como estudio aplicado. Derivamos los requisitos directos e indirectos de capital y trabajo respectivamente, y los máximos valores característicos (eigenvalores), utilizando las matrices de coeficientes técnicos, así como los vectores de empleo de la economía de Puerto Rico.

PALABRAS CLAVE: Productividad; integración vertical; insumo-producto, intensificación de capital, Puerto Rico.

CLASIFICACIÓN JEL: C67, D24, O47.

ABSTRACT

This article aims to use the technique of vertical integration as an alternative to traditional productivity measures based on input-output methodology. Leontief scheme suffers certain limitations, which are based on the hypothesis that the technical coefficients are constant. Technical parameters may vary because of technological change, which acts independently of the technical coefficients. That is why the factor “time” plays an important role while in the case of vertical integration, without confronting this problem, any change, either by economies of scale or technological progress, only causes a change in the coefficient vertically integrated, without altering the structure of the system. The article uses the economy of Puerto Rico as applied study. We derive direct and indirect requirements of capital and labor respectively, and the maximum characteristic values (eigenvalues), using the technical coefficient matrices and vectors for use in the economy of Puerto Rico.

KEYWORDS: Productivity, vertical integration, input-output, capital intensification, Puerto Rico.

JEL CODES: C67, D24, O47.

1. INTRODUCCIÓN

La productividad es un fenómeno palpable y continuo, pero conceptualmente no es sencillo desarrollar una presentación inequívoca que recoja y defina el concepto. No es raro confrontarse con un sinnúmero de argumentos, directa o indirectamente relacionados con productividad, los cuales se presentan en muchas ocasiones sin tener una idea clara de los planteamientos que se desarrollan. Como menciona Nordhaus (2000), ninguna de las medidas aplicadas que se utilizan comúnmente guarda relación con los conceptos teóricos.

En la mayoría de los casos es común encontrar que las aseveraciones hechas o las conclusiones que se derivan de estas, tienen como base la presentación neoclásica. Es por esto que se escucha mencionar que los salarios de los trabajadores deben reflejar su aportación marginal en la producción, en otras palabras, que la tasa de salarios estará dada por la productividad marginal de los trabajadores. En el caso del capital, la tasa de ganancia estará dada por la productividad marginal del capital. Aunque con el insumo de capital la situación es más compleja; dado que se le trata de homogenizar, como se hace con el factor laboral, pasando por alto las complejidades inherentes que limitan la argumentación.

Cuestionamientos orientados hacia la naturaleza del “capital” fueron los que causaron inicialmente una erosión en la base de la teoría de producción y distribución neoclásica. Pioneros en este ataque frontal, entre otros, sobresalen las figuras de Joan Robinson (1953, 1969) y Piero Sraffa (1960), cuyas obras han sido parte del cauce que recoge el flujo de trabajos que han dado seguimiento a esta controversia, la cual ha puesto en tela de juicio los postulados neoclásicos. En par-

ticular, que la presentación del capital como un factor que puede medirse previo a cualquier intercambio y distribución es insostenible, ya que los precios usados para medir el valor de los bienes de capital son una función de la distribución. Estos interrogantes demostraron que la base de la teoría de la productividad marginal (la relación inversa entre la intensidad de capital y la tasa de ganancias, y la tasa de ganancias como el indicador de escasez o distribución eficiente del capital) no era sólida.

Para evitar las limitaciones inherentes en las medidas tradicionales de productividad factorial, el presente trabajo sigue la técnica de la integración vertical, y analiza la economía de Puerto Rico durante las décadas de los años 60 y 70 como estudio aplicado.

2. EL CONCEPTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Al revisar la literatura se encuentra que el concepto de productividad es complejo y dinámico. No es hasta hace unas décadas que este ha cobrado importancia en la doctrina económica y han surgido diferentes medidas, muchas veces rudimentarias, que no dan una idea clara sobre sus resultados. Aunque mucho se ha avanzado en el estudio de la productividad en los últimos años, es claro que la esencia de lo complejo y confuso del concepto productividad permanece hoy día. Una de las razones por la cual surgen problemas es porque no se tiene una definición precisa de lo que es productividad y, al no tenerla, tampoco habrá una medida uniforme de productividad.

Para algunos, productividad es la eficiencia individual del trabajo; otros definen el término como la producción obteni-

da de un conjunto heterogéneo de recursos y en otros casos se le identifica con el tiempo. Esta tricotomía en cuanto a términos se refiere y, al mismo tiempo, la influencia que tienen diferentes componentes sobre la productividad, es lo que en cierta forma causa la controversia.

La productividad puede verse como la producción dividida entre las unidades de insumos. La productividad también es asociada a los cambios estructurales, ya que en una economía donde se pueda y se quieran llevar a cabo cambios estructurales en el consumo como resultado de un mejoramiento tecnológico, se tendrán que registrar altas tasas de productividad, lo cual tendrá implicaciones de política para los gobiernos. Hay que tener claro que el problema de lograr altas tasas de productividad está directamente asociado con la distribución eficiente de los recursos. Desde esta perspectiva, y quizá alcanzando un plano utópico, lo ideal sería una economía flexible en la que se puedan transferir recursos, con un mínimo de fricción, de industrias declinantes a industrias en expansión donde el cambio tecnológico esté presente. Nuevamente, las múltiples interpretaciones del concepto sientan la base para confusión.

Haciendo una retrospectiva histórica, se encuentra que la palabra productividad ya era usada en el siglo XVI. Tablillas de masilla encontradas en monasterios medievales contienen evidencia sobre la contabilidad del rendimiento de cosechas y el uso de la irrigación, entre otras medidas de productividad. No es hasta el siglo XVIII cuando la noción de productividad tuvo más fundamento en las obras de los fisiócratas como Quesnay (1766)¹. Fue en la ya desaparecida Unión Soviética

¹ Aunque la primera edición de *Le Tableau Économique* es de 1758, el análisis formal fue en 1766 con "Analyse de la formule arithmétique du Tableau

ca donde apareció el concepto por primera vez, como base de un programa de acción económica en una escala nacional, aunque desde 1899 el Departamento del Trabajo de los Estados Unidos de América calcula y publica una serie de índices, los cuales permiten seguir el movimiento de la productividad en ese país.

La introducción y uso del concepto en la teoría económica ha sido progresivo, con lo cual se le da continuación a una larga evolución iniciada en el siglo XIX. Ya para 1850 comienza a surgir la idea de que la Revolución Industrial, fenómeno visible desde 1830, llegaría a ser un determinante de la vida económica y cambiaría las condiciones de la vida social. Marx en su obra, ocasionalmente, utiliza el término relacionándolo con la división del trabajo. Por ejemplo, Marx (1967) explica cómo alterando el proceso laboral por medio de la reducción del tiempo socialmente necesario para la producción de bienes, se logra aumentar la productividad.

Es posible dividir en cuatro etapas los principios que han formado la noción de productividad. Primero fue necesario evidenciar la relación existente entre el progreso tecnológico y el volumen global de la producción nacional y el nivel de vida. Luego aparecieron las relaciones del progreso tecnológico con la duración del trabajo, con la enseñanza y con el aumento en las edades de escolaridad y también con el fenómeno general de la distribución de la parte activa de la población. Dado todo esto, se modificaron profundamente los conceptos relacionados con la despoblación del sector rural y la función económica y social de los trabajadores indirectos

Economique de la distribution des dépenses annuelles d'une Nation agricole".

del sector terciario. La tercera etapa surge al tenerse conciencia de las irregularidades propias de la naturaleza de cada profesión, las cuales se manifiestan en forma diferente con respecto a la intensidad del progreso tecnológico de cada área, teniéndose claro que el progreso tecnológico es un fenómeno que varía por industria. Con esto se le da pie a la cuarta etapa, la cual se refiere a la influencia del progreso tecnológico sobre los precios y sobre el poder adquisitivo.

Ya en el siglo XX, los economistas le daban un sentido más preciso, el de una relación entre producto y factores, siendo este significado el que se consagra en la literatura económica. Esta relación se observa a través del tiempo para tener una idea de cuán productiva es una firma, una industria y hasta una nación.

Puede hacerse una distinción entre dos formulaciones de productividad, una directa (producción por unidad de factor) y otra indirecta o inversa (consumo específico por unidad de producto). Se emplea la primera para la medición de los factores fijos, como son la tierra cultivada (producción por hectárea) y los capitales fijos incorporados en los equipos (producción por máquina). Se emplea la segunda para medir la economía de utilización de los factores variables, como el trabajo humano, los insumos primarios y la energía. De una manera más técnica, se define productividad como una fracción donde el numerador expresa la cantidad física de la producción estudiada y donde el denominador representa los factores que han sido necesarios para obtener dicha producción. Hay que tener claro que la productividad adjudicada a un factor determinado no implica una relación de causa y efecto entre el factor y el resultado, y tampoco pretende ofrecer una solución al problema de la imputación. La productividad

que se le adjudica a un factor sólo expresa, en cada una de sus formas, un aspecto parcial de la relación entre la producción y el conjunto de los medios puestos en acción. Por esta situación, surge el concepto de productividad total de los factores, el cual define la relación del volumen de la producción, con el volumen total de los factores que han intervenido en el ciclo de producción. Se tiene entonces que el aumento de la productividad total mide el balance conjunto de las economías físicas, realizadas sobre el consumo total de los factores de producción. Con esta y las demás medidas deben tomarse precauciones para eliminar los efectos de variaciones en precios, ya que los índices de productividad dependerán del sistema de precios utilizado para obtener la comparación.

En general, un crecimiento rápido en productividad es indicativo de mejores niveles de bienestar y de fortalecimiento nacional. También, como la productividad afecta los costos, los precios, las ganancias, la producción, el empleo y la inversión, esta juega un papel importante en los ciclos económicos, en la inflación y en el crecimiento y decadencia de las industrias. Hay que tener claro que la medida que se obtenga de productividad será una variable y dependerá del momento en que se compute, por lo tanto, hay que hacer referencia explícita del momento histórico en el cual se hace el análisis. Aunque es claro que la tecnología juega un papel importante en cuanto a productividad se refiere, el marco institucional es igualmente importante pero, como ya se mencionó, en general no se le da la importancia adecuada.

3. NOCIONES DE INTEGRACIÓN VERTICAL

Representar sistemas económicos en sectores verticalmente integrados es precisar qué se ha hecho desde las primeras etapas del análisis económico, como es el caso de la teoría clásica del valor, así como también el proceso smithsiano de reducir los precios a salarios, ganancias y rentas. Siguiendo este concepto, Gupta y Steedman (1971) presentan dos formas más concretas para la medición de la productividad, una es la medida de la “industria” donde la producción bruta de la industria es relacionada con el empleo en esa industria, y la medida del “sistema” donde la producción final se relaciona al empleo total usado en la producción de bienes finales, independientemente de que sea empleo usado en la industria (directo) o empleo usado en los insumos suplidos a la industria (indirecto). Como menciona Schiliro (2006), ambas medidas pueden variar considerablemente, ya que una se enfoca en los flujos que resultan de las relaciones inter-industriales (a la Leontief) y la otra en los sectores verticalmente integrados (a la Pasinetti). Desde esta perspectiva, la medida del “sistema” es la que se prefiere, ya que en una economía donde la oferta de empleo es la restricción efectiva, la posición y la pendiente de la frontera de posibilidades de producción estarán dadas por las productividades del sistema y por la oferta de empleo. Para desarrollar el argumento, los autores suponen una economía que usa tanto capital fijo como circulante, lo cual está representado por la matriz “K”, además se supone un acervo balanceado de capital, una vida común para la maquinaria, depreciación lineal y una proporción común de capital-trabajo “c”, entonces, si “r” representa el recíproco de la duración de

vida, la matriz de coeficientes de reemplazo “R” sería²: $R = rcK$ y con esto, $L(r) = \gamma(r) = \alpha [I-(A+R)]^{-1}$, donde $\gamma(r)$ representa la cantidad total (directa e indirecta) de empleo requerido por unidad de producción neta, dado que el acervo de capital fijo se mantiene a cierto nivel. Debe entenderse que el énfasis dado a (r) , al escribir “ $\gamma(r)$ ” es porque en sus cálculos no tienen una base firme para estimar “ r ” y usan una serie de medidas alternas. Luego se añade al análisis el sector externo, en el sentido de que se supone que la economía es una abierta, donde la matriz de coeficientes de importaciones está dada por “ M ”³ y se calcula lo siguiente: $L(r) = \alpha [I-(A+R+M)]^{-2}$. Un estimado de los requisitos totales (directos e indirectos) de empleo por unidad de producción neta, que se obtendrían si la economía fuera cerrada y si el capital fijo fuera mantenido. Si Y , C_m y E son el vector columna del producto neto, importaciones para uso final así como exportaciones, respectivamente, entonces la cantidad de empleo requerida realmente para respaldar el uso doméstico final ($Y+C_m-E$) está dada por $\gamma(r)Y$; la cantidad de empleo que sería requerida para respaldar este uso doméstico final si la economía fuera una cerrada estaría dada por $(L[Y+C_m-E])$. Entonces la diferencia $[L(r)(Y+C_m-E) - Y(r)Y]$ daría un estimado de los beneficios del intercambio en términos de empleo doméstico ahorrado.

La integración vertical permite comparar los resultados obtenidos con los expuestos en la literatura, en lo relacionado con las curvas de salario ganancia y el cómputo de los precios

² Se necesita multiplicar “K” por “c”, ya que “X” no está definida como el acervo de cada tipo de bien requerido por unidad de producción bruto, sino como el acervo de cada tipo de bien por unidad total de acervo de capital en cada industria.

³ Se supone los insumos importados no están incluidos en “A”.

de producción. Desde esta perspectiva, se puede verificar la existencia de alguna correlación estadística entre los precios de producción y valores laborales, esto para darle validez empírica al uso de las teorías del valor clásicas y marxistas. Al mismo tiempo, se puede investigar linealidad en la relación salario-ganancia y, con esto, demostrar la irrelevancia de buscar un numerario particular para el sistema de precios⁴. Asumiendo las siguientes definiciones de los sectores verticalmente integrados:

1. Las cantidades físicas de los “m” bienes que se producen en el año “t”:

$$X_{(t)} = [X_i(t)], (i = 1, 2, \dots, m) \text{ (Vector columna)}$$

2. La producción física neta del sistema económico. La cantidad disponible para consumo e inversión:

$$Y_{(t)} = [Y_i(t)], (i = 1, 2, \dots, m) \text{ (Vector columna)}$$

3. Las cantidades físicas requeridas como bienes de capital al inicio del año “t”:

$$S_{(t)} = [S_i(t)], (i = 1, 2, \dots, m) \text{ (Vector columna)}$$

4. Los precios de los bienes 1, 2, ... m:

$$P_{(t)} = [P_i(t)], (i = 1, 2, \dots, m) \text{ (Vector fila)}$$

⁴ Para más detalles ver Marzi (1994).

5. La fuerza laboral en el año “ t ”:

$$L(t) \text{ (escalar)}$$

6. La tasa uniforme de ganancias:

$$\pi \text{ (escalar)}$$

7. La tasa uniforme de salarios:

$$w(t) \text{ (escalar)}$$

Usando esta información, se desarrolla el siguiente sistema económico:

$$a_{(n)} = [a_{nj}], n = m + 1, j = 2, \dots, m \text{ donde } a_{nj} \geq 0 \text{ (Vector fila)} \quad (1)$$

Donde cada a_{nj} representa el insumo anual de trabajo requerido por una unidad física del bien producido en la industria “ j ”. Cada columna “ j ” representa el acervo físico de bienes de capital (fijo y circulante) requerido para la producción de una unidad física del bien de la industria “ j ”:

$$A = [a_{ij}], (i, j = 1, 2, \dots, m) \text{ donde } a_{ij} \geq 0 \text{ (Matriz cuadrada)} \quad 2.$$

Una vez visto el sistema económico, se computa el siguiente sistema de ecuaciones:

$$(I - A^\Theta) X(T) = Y(T) \text{ (Producto neto)} \quad (3)$$

$$a_{[nj]} X(t) = L(t) \text{ (Requisitos de empleo)} \quad (4)$$

$$AX(t) = S(t) \text{ (Acervo de capital)} \quad (5)$$

$$P = a_{[nj]} w + pA^\Theta + pA\pi \text{ (Precios de equilibrio)} \quad (6)$$

Suponiendo que cada industria “ j ” produce un solo bien (bien “ j ”), entonces cada industria “ j ” necesita una cantidad de trabajo (el $j^{\text{ésimo}}$ coeficiente del vector $a_{[n]}$) y una serie de acervos de capital (la $j^{\text{ésima}}$ columna de la matriz A). La industria “ j ” puede ser representada por un “coeficiente directo de empleo” el cual se denomina como “unidad de capacidad productiva directa” (un bien compuesto definido por la $j^{\text{ésima}}$ columna de la matriz A). Las ecuaciones (7) y (8) están clasificadas siguiendo este último criterio (unidad de capacidad productiva directa). Esta clasificación es observable, pero a un nivel muy superficial, por esto se procede con la construcción del “sector verticalmente integrado”. En este proceso se define a $Y_i(t)$ como un vector columna en donde todos sus componentes son 0 exceptuando el $i^{\text{ésimo}}$, el cual se define como el $i^{\text{ésimo}}$ componente del vector $Y(t)$. El escalar $L^{(i)}(t)$ representa la cantidad de empleo requerida, $X_i(t)$ es un vector columna que representa las cantidades físicas de los bienes a ser producidos y $S^{(i)}(t)$ es un vector columna que representa el acervo de capital requerido en el sistema para obtener la cantidad física $Y_i(t)$ del bien final ($i = 1, 2, \dots, m$). Entonces, de las primeras ecuaciones se obtiene lo siguiente:

$$X^{(i)}(t) = [I - A^{(i)}]^{-1} Y_i(t) \quad (7)$$

$$L^{(i)}(t) = a_{(n)} (I - A^{(i)})^{-1} Y_i(t) \quad (8)$$

$$S^{(i)} = A [I - A^{(i)}]^{-1} Y_i(t) \quad (9)$$

donde $i = 1, 2, \dots, m$

Este juego de ecuaciones puede verse como “ m ” sub-sistemas. Puede observarse de las ecuaciones (7) a la (9) que:

$$\sum_i^m Y_i(t) = Y(t); \quad \sum_i^m X^i(t) = X(t) \quad (10)$$

$$\sum_i^m L^{(i)} = L(t); \quad \sum_i^m S^{(i)}(t) = S(t) \quad (11)$$

Siguiendo una sumatoria de los “ m ” sub-sistemas, el resultado es el sistema económico en su totalidad. La multiplicación del vector de empleo ($a_{[n]}$) por una matriz inversa tipo Leontief $(I - A^\Theta)^{-1}$ hecha en la ecuación (8) es “ v ” y la multiplicación de la matriz de acervos de capital (A) por la misma matriz inversa hecha en la ecuación (9) es “ H ”, esto es:

$$a_{(n)} (I - A^\Theta)^{-1} = v = [v_i] \quad (12)$$

$$A (I - A^\Theta)^{-1} = H = [h_i] \quad (13)$$

donde $i = 1, 2, \dots, m$

De estas ecuaciones se obtiene que:

$$L^{(i)}(t) = vY_i(t) = v_i Y_i \quad (14)$$

$$S^{(i)}(t) = HY_i(t) = h_i Y_i \quad (15)$$

donde $i = 1, 2, \dots, m$

Cada coeficiente v_i representa la cantidad de trabajo directa e indirectamente requerida en el sistema para la producción del bien “ i ” (bien final); este coeficiente es lo que se conoce como “coeficiente de empleo verticalmente integrado.” En la misma línea de pensamiento, cada vector columna

h_i representa las cantidades físicas de una serie heterogénea de los bienes $1, 2, \dots, m$ (acervo de capital) requeridas directa e indirectamente por el sistema para la producción del bien “ i ” o una “medida de capacidad productiva verticalmente integrada.” Tanto v_i como h_i representan el “sector verticalmente integrado.” Si el sistema económico tuviera “ m ” bienes entonces existirían “ m ” coeficientes de empleo, los “ m ” componentes del vector “ v ”: $v = [1, 2, 3, \dots, m]$, y al mismo tiempo existirán “ m ” unidades de capacidad productiva, las “ m ” columnas de la matriz H :

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & \dots & h_{1m} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & \dots & h_{2m} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} & \dots & h_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ h_n 1 & h_n 2 & h_n 3 & \dots & h_{nm} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Donde cada columna representa una unidad productiva h_i :

$$h_1 = \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{21} \\ h_{31} \\ \vdots \\ h_n 1 \end{bmatrix} \quad h_2 = \begin{bmatrix} h_{12} \\ h_{22} \\ h_{32} \\ \vdots \\ h_n 2 \end{bmatrix} \quad h_3 = \begin{bmatrix} h_{13} \\ h_{23} \\ h_{33} \\ \vdots \\ h_n 3 \end{bmatrix} \quad \dots \quad h_m = \begin{bmatrix} h_{1m} \\ h_{2m} \\ h_{3m} \\ \vdots \\ h_{nm} \end{bmatrix} \quad (17)$$

El vector $a_{[n]}$ y la matriz A clasifican la cantidad del empleo $L(t)$ y los bienes de capital $S(t)$, respectivamente, bajo el concepto de industria, esto es:

$$L(t) = a_{[n]} X(t) \quad (18)$$

$$S(t) = A X(t) \quad (19)$$

Estas magnitudes pueden ser obtenidas directamente. La presentación fundamentada en el vector v y la matriz H clasifican las mismas cantidades bajo el concepto de “sector verticalmente integrado,” esto es:

$$L_{(i)}(t) = a_{[n]} (I - A^\Theta)^{-1} Y_i(t) = v Y_i(t) \quad (20)$$

$$S_{(i)}(t) = A(I - A^\Theta)^{-1} Y_i(t) \quad (21)$$

$$L(t) = \sum L_{(i)}^m(t); S(t) = \sum S_{(i)}^m(t) \quad (22)$$

donde $i = 1, 2, \dots, m$

Con esta clasificación, las magnitudes se obtienen indirectamente post-multiplicando por $(I - A^\Theta)^{-1}$ (matriz inversa de Leontief). Ambas clasificaciones se obtienen empíricamente, la de la industria de forma directa y la de integración vertical de manera indirecta. Por lo tanto, un sector verticalmente integrado, desde una perspectiva inter-industrial, es un sector complejo ya que conlleva una serie de enlaces inter-industriales. De otra parte, en términos de homogeneidad de los insumos, es un sistema simple ya que todas las dificultades intermedias son eliminadas, y cada mercancía final se presenta como resultado de sus elementos básicos: una cantidad (flujo) laboral y una cantidad (acervo) de capital.

Hay que tener presente que la manera directa o esquema de Leontief sufre de ciertas limitaciones, las cuales tienen como base la hipótesis de que los coeficientes técnicos

son constantes. Una de las razones para que ocurra variación en los coeficientes técnicos es que los rendimientos de escala pueden ser crecientes o decrecientes. De ocurrir esto, se invalida la hipótesis de relaciones lineales de producción, esto es, los coeficientes ya no serían independientes de la escala de producción.

Al mismo tiempo, los coeficientes pueden variar por causa del progreso tecnológico, el cual actúa de forma independiente sobre los coeficientes; en ocasiones ese progreso tecnológico está relacionado con la escala de la producción y en otras no tiene vínculo alguno, por esto el factor “tiempo” se torna relevante. En el corto plazo, los cambios en el conocimiento pueden suponerse no son mayores, pero en el largo plazo los cambios en el conocimiento pueden ser muy marcados y *sería poco razonable extraer conclusiones de un esquema basado en la constancia de los coeficientes técnicos* (Pasinetti, 1984, p.94).

En el caso de la integración vertical no se confronta este problema; cualquier cambio, ya sea por rendimientos de escala o por progreso tecnológico, solo causará un cambio en el coeficiente verticalmente integrado que sufre el cambio, sin alterarse la estructura del sistema como sucede en el esquema de Leontief que, luego del cambio, el sistema es insostenible. Al mismo tiempo, como explica Del Valle-Caballero (1990), la integración vertical permite enfatizar las diferentes interrelaciones sectoriales de un sistema económico en su totalidad.

4. DATOS Y METODOLOGÍA

Cabe mencionar que en el presente estudio se utiliza la economía de Puerto Rico durante las décadas del 60 y 70, ya que

previo a estos años este país fue presentado como el modelo de desarrollo a seguir en América Latina y el Caribe. En la década de los años 40 las condiciones económicas y sociales en Puerto Rico eran similares a las de los países sumergidos en pobreza extrema. El ingreso promedio anual per cápita era alrededor \$240. Puerto Rico era descrito como “La casa pobre del Caribe”. Entonces, el Partido Popular Democrático, conducido por Luis Muñoz Marín, en colaboración con el gobernador Rexford Tugwell (designado por el entonces Presidente de los Estados Unidos de América Franklin D. Roosevelt) comenzó una impresionante transformación económica. En 1952, Puerto Rico se convirtió en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico. La transformación que comenzó en los últimos años de la década de los años 40 catapultó a la isla a los foros internacionales como un buen ejemplo de un modelo capitalista. Dejó de ser “La casa pobre del Caribe”, con tasas de crecimiento impresionantes y un patrón de desarrollo asombroso. Debido a la rápida industrialización e impresionante tasas de crecimiento⁵, las décadas de los años 50 y los años 60 se conocen como el milagro económico puertorriqueño. Sin embargo, algunos de los factores⁶ instrumentales en esta transformación comenzaron a desvanecerse durante la década de los 60, y como resultado directo, los incentivos que atrajeron las industrias de manufactura liviana a Puer-

⁵ La economía creció a un índice promedio de siete por ciento en términos reales.

⁶ Entre otras cosas, la disminución del flujo de la migración hacia los Estados Unidos de América; la disminución en la demanda por los productos fabricados en Puerto Rico, como un resultado directo de la recesión 1954-55; y especialmente como resultado de la “Ronda de Kennedy”, cuando las tarifas a los textiles extranjeros fueron reducidas drásticamente.

to Rico desaparecieron. Entonces surgió la necesidad de una nueva estrategia de desarrollo económico. El plan de política pública y desarrollo fue atraer grandes complejos petro-químicos a Puerto Rico, tomando ventaja del hecho que la isla estaba eximida del pago de tarifas en el mercado de productos del petróleo en los Estados Unidos. El resultado esperado, entre otras cosas, eran rápidas tasas de crecimiento económico, y con ello, una marcada reducción del desempleo. Aunque la industria experimentó crecimiento hasta 1972, las expectativas esperadas nunca fueron alcanzadas. La inversión en este sector superó los miles de millones de dólares, pero la creación de empleo no superó 6.000 empleos directos. Si las décadas de los años 50 y 60 son recordadas como el milagro económico de Puerto Rico, ya para finales de la década del 60 la pesadilla dio inicio. Durante la década de los 70, los resultados negativos comenzaron a resaltar en Puerto Rico. No se promovió un desarrollo independiente, quedando la isla en dependencia extrema⁷ y consumo excesivo. Los patrones culturales y socio-económicos reflejaban aquellos en economías capitalistas e industrializadas, iniciándose un proceso de transformación económico y social, que aún perdura, en particular, altas tasas de desempleo. En términos generales, siempre se apunta hacia el aumento en el uso del factor capital en detrimento del factor laboral, como el factor principal detrás del aumento en las tasas de desempleo. La metodología de integración vertical nos debe facilitar la comprobación de esta conjetura generalizada.

Utilizando las matrices de coeficientes técnicos, así como los vectores de empleo para los años 1963, 1967, 1972 y

⁷ El programa Federal de Asistencia Nutricional fue concedido a Puerto Rico en 1971.

1977, se estimarán los requisitos directos e indirectos de capital y trabajo respectivamente. Los datos fueron obtenidos de la Unidad de Investigaciones Económicas en el Departamento de Economía de la Universidad de Puerto Rico-Río Piedras. Las matrices obtenidas están agregadas en 43 sectores económicos. Definiendo $a_{(n)}$ como el vector de empleo y A como la matriz de acervos de capital, se procederá a pre-multiplicar tanto $a_{(n)}$ como A por una matriz tipo Leontief para obtener los requisitos directos e indirectos de capital y trabajo (H y v respectivamente):

$$a_{(n)} (I - A^\Theta)^{-1} = v = [v_i] \quad (21)$$

$$A (I - A^\Theta)^{-1} = H = [h_i] \quad (22)$$

donde $i = 1, 2, \dots, m$

Luego de estimar los requisitos directos e indirectos de capital y trabajo, se procederá a evaluar las tasas de cambio porcentual de los mismos. El análisis anterior facilitará la presentación del comportamiento de la productividad.

En esta misma línea de pensamiento y para tener una mejor idea de la tecnología en el sistema, se estimarán los máximos valores característicos de las matrices de coeficientes técnicos. El máximo valor característico o auto valor⁸ es un promedio ponderado de los insumos intermedios en el sistema y cambios en esta medida representan cambios en la estructura del sistema, lo cual facilita entender en cierta manera el comportamiento tecnológico⁹.

⁸ También se le conoce como valor propio.

⁹ Para una presentación sobre eigenvalores ver Wainwright y Chiang (2005).

5. RESULTADOS

Los resultados de los cálculos sobre los requisitos directos e indirectos tanto de empleo como de capital se presentan en la tablas 1 y 2.

En cuanto a los requisitos directos e indirectos de empleo, en la tabla 1 se observa que en sólo seis de los 43 sectores industriales dichos requisitos reflejaron un aumento desde 1963 al 1977.

El sector que experimentó la reducción más dramática en los requisitos directos e indirectos de empleo fue el de *Productos del Tabaco*, el cambio porcentual en este sector fue de -69.46%.

De otro lado, posiblemente confirmando el adagio de que en una crisis económica se debe distraer al pueblo, el sector donde se experimentó el mayor aumento en los requisitos directos e indirectos de empleo fue el de *Diversión y Recreación*. En este sector el aumento en los requisitos directos e indirectos de empleo fue de 119.67%.

Tabla 1
Requisitos directos e indirectos de empleo

Sectores Industriales	1963	1967	1972	1977	Δ % 1963-1977
Caña de azúcar	0.43	0.34	0.35	0.31	-27.19%
Otra agricultura, bosques y pesca	0.41	0.33	0.22	0.16	-61.66%
Minería	0.15	0.14	0.12	0.16	9.15%
Construcción	0.16	0.13	0.13	0.13	-21.49%
Leche y productos de leche	0.32	0.28	0.17	0.15	-52.83%
Productos de panadería y repostería	0.25	0.19	0.16	0.14	-44.44%
Centrales, refinерías y confites	0.28	0.25	0.26	0.18	-33.60%
Bebidas alcohólicas y maltas	0.08	0.07	0.06	0.04	-50.23%
Bebidas no alcohólicas	0.14	0.10	0.10	0.09	-40.22%
Productos misceláneos de alimentos	0.29	0.30	0.18	0.16	-46.72%
Productos de Tabaco	0.24	0.21	0.12	0.07	-69.46%
Textiles y ropa	0.24	0.21	0.16	0.14	-41.14%
Madera y productos de madera	0.19	0.15	0.13	0.12	-36.68%
Papel y productos relacionados	0.17	0.18	0.15	0.14	-17.94%
Imprentas y editoriales	0.13	0.10	0.10	0.07	-44.06%
Productos químicos	0.08	0.05	0.06	0.07	-13.07%
Refinerías y otros productos de petróleo	0.14	0.11	0.10	0.31	114.73%
Cuero y productos de cuero	0.23	0.19	0.17	0.16	-30.29%
Productos de piedra, arcilla y cristal	0.13	0.10	0.10	0.14	9.68%
Productos primarios de metal	0.12	0.07	0.09	0.12	0.33%
Productos fabricados de metal	0.13	0.10	0.09	0.11	-16.49%
Maquinaria, excepto eléctrica	0.14	0.09	0.10	0.09	-35.36%
Maquinaria eléctrica	0.12	0.11	0.09	0.07	-40.80%
Equipo de transportación	0.18	0.16	0.12	0.10	-41.19%
Instrumentos científicos y profesionales	0.16	0.14	0.10	0.09	-43.72%
Industrias manufactureras misceláneas	0.16	0.11	0.09	0.07	-56.74%
Transportación	0.16	0.13	0.11	0.13	-20.10%
Comunicaciones	0.12	0.10	0.09	0.07	-44.69%
Servicios de electricidad	0.10	0.07	0.06	0.14	34.03%
Agua y servicios de alcantarillados	0.15	0.19	0.15	0.14	-7.95%
Comercio	0.16	0.14	0.11	0.11	-28.98%
Finanzas	0.12	0.10	0.08	0.11	-7.27%
Seguros	0.14	0.14	0.10	0.08	-41.02%
Bienes raíces	0.07	0.03	0.03	0.04	-41.10%
Hoteles y casas de hospedaje	0.14	0.12	0.12	0.12	-11.69%
Servicios personales	0.50	0.43	0.34	0.22	-55.68%
Servicios comerciales y de reparación	0.22	0.23	0.24	0.09	-61.84%
Diversión y recreación	0.09	0.17	0.17	0.19	119.67%
Servicios de salud	0.26	0.23	0.20	0.21	-17.64%
Otros servicios	0.16	0.10	0.13	0.12	-27.76%
Gobierno estatal	0.16	0.14	0.12	0.11	-30.38%
Gobierno municipal	0.22	0.24	0.14	0.17	-19.01%
Gobierno federal	0.14	0.07	0.10	0.09	-34.48%

Como se mencionó, la estrategia de desarrollo económico fue atraer grandes complejos petroleros a Puerto Rico, tomando ventaja el hecho de que la isla estaba eximida del pago de tarifas en el mercado de productos del petróleo en los Estados Unidos. Como se demuestra en la tabla 1, es un hecho que los requisitos directos e indirectos de empleo en este sector (Refinerías y otros Productos de Petróleo) aumentaron.

En 1963 se requerían 14 unidades directas e indirectas de empleo por cada unidad final de producción en este sector. En 1977 se requerían 31 unidades directas e indirectas de empleo para producir la misma unidad final de producción en este sector.

El resultado esperado era que este sector produciría una cantidad substancial de empleos, pero aunque se registró un aumento no fue de manera substancial, ya que, como se muestra en la tabla 2, la economía de Puerto Rico se transformó a una intensiva en capital.

En cuanto a los requisitos directos e indirectos de capital se refiere, como se muestra en la tabla 2, sólo en siete de los 43 sectores industriales se reflejaron reducciones de 1963 a 1977.

Tabla 2
Requisitos directos e indirectos de capital

Sectores Industriales	1963	1967	1972	1977	Δ% 1963-1977
Caña de azúcar	0.54	0.58	1.07	1.32	145.07%
Otra agricultura, bosques y pesca	0.54	0.54	0.96	1.29	138.38%
Minería	0.94	1.03	1.15	1.00	7.19%
Construcción	0.86	0.96	1.33	1.79	108.68%
Leche y productos de leche	1.30	1.48	1.76	2.18	67.01%
Productos de panadería y repostería	1.73	1.47	1.92	1.91	10.16%
Centrales, refinерías y confites	1.33	1.36	2.03	2.33	75.69%
Bebidas alcohólicas y maltas	0.77	0.68	0.86	0.63	-17.24%
Bebidas no alcohólicas	1.38	1.20	1.60	1.93	40.31%
Productos misceláneos de alimentos	1.88	1.74	2.23	2.70	43.40%
Productos de tabaco	1.36	0.88	0.97	1.14	-16.16%
Textiles y ropa	1.15	1.20	1.47	1.34	16.82%
Madera Y productos de madera	1.18	1.24	1.23	1.61	36.45%
Papel y productos relacionados	1.84	1.41	1.46	2.31	25.51%
Imprentas y editoriales	0.80	0.93	1.27	1.30	63.37%
Productos químicos	1.00	0.90	1.30	1.50	49.95%
Refinerías y otros productos de petróleo	1.90	1.79	2.01	4.93	160.05%
Cuero y productos de cuero	1.33	1.33	1.36	1.95	47.10%
Productos de piedra, arcilla y cristal	1.02	1.06	1.33	2.23	117.48%
Productos primarios de metal	1.42	1.00	1.58	2.46	73.32%
Productos fabricados de metal	1.46	1.37	1.50	1.91	30.79%
Maquinaria, excepto eléctrica	1.20	0.55	1.53	1.70	40.99%
Maquinaria eléctrica	1.21	1.19	1.01	1.20	-0.79%
Equipo de transportación	1.21	1.14	1.70	1.65	36.66%
Instrumentos científicos y profesionales	1.02	1.22	1.06	1.19	17.07%
Industrias manufactureras misceláneas	1.39	1.14	1.44	1.61	15.79%
Transportación	0.84	0.60	0.71	1.55	84.81%
Comunicaciones	0.42	0.48	0.62	0.60	41.99%
Servicios de electricidad	0.80	0.75	1.07	2.13	166.89%
Agua y servicios de alcantarillados	0.80	0.59	0.63	0.72	-10.47%
Comercio	0.33	0.28	0.46	0.62	86.46%
Finanzas	0.48	0.69	0.84	1.48	206.91%
Seguros	1.17	0.83	0.96	1.14	-2.70%
Bienes raíces	0.60	0.29	0.49	0.78	28.64%
Hoteles y casas de hospedaje	0.51	0.56	0.54	0.85	65.35%
Servicios personales	0.67	0.55	0.67	0.67	-0.44%
Servicios comerciales y de reparación	1.39	0.71	0.91	0.68	-51.55%
Diversión y recreación	0.67	0.61	0.85	0.99	47.55%
Servicios de salud	0.42	0.39	0.68	0.96	127.47%
Otros servicios	0.67	0.17	0.37	1.31	94.89%
Gobierno estatal	0.46	0.45	0.51	0.46	0.49%
Gobierno municipal	0.57	0.89	1.11	0.66	16.37%
Gobierno federal	0.25	0.57	0.69	0.75	205.43%

Nuevamente, el sector que refleja la reducción mayor, al igual que con los requisitos directos e indirectos de empleo, es el de Productos del Tabaco. La reducción de los requisitos directos e indirectos de capital en este sector fue de 16%, lo cual demuestra la reducción general en importancia de este sector industrial en la economía. De otra parte, el sector que refleja el mayor aumento en los requisitos directos e indirectos de capital es el de Finanzas, con un incremento de 206%, iniciándose así el proceso de magnificación del sector terciario. En este sector solo se requerían 43 unidades directas e indirectas de capital para la producción de una unidad final en 1963. Ya para 1977 se requerían 1.48 unidades directas e indirectas de capital para producir la misma unidad final de producción.

En resumen, de 1963 a 1977 el 84% de los 43 sectores industriales experimentó un alza en los requisitos directos e indirectos de capital. Al mismo tiempo, el 80% de los 43 sectores industriales experimentó una reducción en los requisitos directos e indirectos de empleo. En otras palabras, la economía se transforma en una intensiva en capital, lo cual exacerbó el problema del desempleo en Puerto Rico; desde entonces no se registran tasas de desempleo menores de 10%.

En términos de la tecnología sería interesante contar con una medida que diera una idea de la manifestación tecnológica en el sistema. Esto es, tener una magnitud que pueda representar la tecnología del sistema en su totalidad. Esta medida no es otra cosa que el máximo valor característico de las matrices de coeficientes técnicos; un indicador socio-tecnológico (De Juan & Febrero, 2000).

El máximo valor característico es un promedio ponderado de los insumos intermedios en el sistema y variaciones en esta

medida indican cambios en la estructura de éste. Los máximos valores característicos se presentan en el tabla 3.

Tabla 3
Máximos valores característicos

Año	1963	1967	1972	1977
Máximo Valor Característico	0.5334	0.4843	0.5723	0.6405

Como puede observarse, la reducción de 1963 a 1967 sugiere una disminución en los coeficientes de insumo intermedios por unidad de producción final. Por el contrario, la tendencia al alza de 1967 a 1977 sugiere un aumento en los coeficientes de los insumos intermedios por unidad de producción final. Estas variaciones concuerdan con la recomposición factorial en el sistema económico bajo estudio. Es decir, la intensificación en el uso del capital se refleja en los valores característicos.

CONCLUSIONES

Como se mencionó, el concepto de productividad es complejo y dinámico. De una manera técnica puede definirse como una proporción entre la cantidad física de la producción y los factores empleados en ella. Hay que tener claro que la productividad adjudicada a un factor solo representa un aspecto parcial de la relación entre la producción y el conjunto de los medios empleados.

Uno de los problemas fundamentales de los métodos de estimación es la ponderación de los insumos de producción. Generalmente, se ponderan los insumos de acuerdo con la distribución del ingreso, suponiendo que el ingreso marginal

de los factores se comporta según su aportación marginal a la producción, siguiendo la enseñanza neoclásica. Ahora, este comportamiento es funcional solamente si se cuenta con una serie de restrictivos supuestos, entre ellos el de competencia perfecta.

Con la integración vertical no solo se superan estas limitaciones, sino también las que se presentan en el esquema de Leontief, las cuales tienen como base el supuesto de coeficientes técnicos constantes. En el caso de la integración vertical, cualquier cambio, ya sea por rendimientos de escala o por progreso tecnológico, solo causará un cambio en el coeficiente verticalmente integrado que sufre el cambio, sin alterarse la estructura del sistema como sucede en el caso del esquema de Leontief.

Utilizando las matrices de coeficientes técnicos de producción y vectores de empleo para los años 1963, 1967, 1972 y 1977 respectivamente, se computaron los requisitos directos e indirectos, tanto de capital como de empleo para cada año. En términos generales se observó una reducción substancial y generalizada en los requisitos directos e indirectos de empleo que estuvo acompañada por un aumento substancial y generalizado en los requisitos directos e indirectos de capital.

En todos los sectores económicos analizados los requisitos directos e indirectos de capital resultaron superiores a los requisitos directos e indirectos de empleo. Finalmente, la intensificación en el uso del capital se vio reflejada en los resultados obtenidos de los máximos valores característicos por año.

Referencias

- De Juan, O. & Febrero, E. (2000). Measuring productivity from vertically integrated sectors. *Economic Systems Research*, 12, 65-82
- Del Valle-Caballero, J. (1990). Insumo-producto y la teoría del capital: una re-evaluación crítica. *Serie de Ensayos*, 60, Unidad de Estudios Económicos, Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico-Río Piedras.
- Gupta, S. & Steedman, I. (1971). An input-output study of labour productivity in the British economy. *Bulletin of the Oxford Institute of Economics and Statistics*, 33, 21-34.
- Marx, K. (1967). *Capital: A critical analysis of capitalist production* (Volume 1). New York: International Publishers.
- Marzi, G. (1994). Vertically integrated sectors and the empirics of structural change. *Structural Change and Economics Dynamics*, 5, 155-175.
- Nordhaus, W. (2000). Alternative methods for measuring productivity growth. *Cowles Foundation Discussion Papers*, 1282.
- Pasinetti, L. (1984). *Lecciones de teoría de la producción*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Robinson, J. (1953). The production function and the theory of capital. *Review of Economic Studies*, 21, 81-100.
- Robinson, J. (1969). *The accumulation of capital*. McMillan.
- Schiliro, D. (2006). Circular and vertical theories of structural economic dynamics: Towards a general framework. *Economía Política*, 23, 51-79.
- Sraffa, P. (1960). *Producción de mercancías por medio de mercancías: Preludio a una crítica de la teoría económica*. Madrid: Oikos-Tau.
- Wainwright, K. & Chiang, A. (2005). *Fundamental Methods of mathematical economics*. McGraw-Hill.