



## Balance sectorial utilizando modelos matemáticos. Aplicación en Cuba

MORENO GARCÍA, ROBERTO RENÉ

Universidad de Oriente (Cuba)\*

Correo electrónico: rrmg@uo.edu.cu

PARRA PÉREZ, KATIA MARÍA\*

Correo electrónico: kparra@uo.edu.cu

MORENO PARRA, RODOLFO ROBERTO

Universidad de la Habana (Cuba)

Correo electrónico: randy.mp98@instec.cu

PACHECO FERIA, ULISES\*

Correo electrónico: upacheco@uo.edu.cu

NIETO COLUMBIÉ, JOSÉ DANIEL\*

Correo electrónico: jose.nieto@uo.edu.cu

SOULARY CARRACEDO, VÍCTOR SALVADOR

Universidad Carlos III de Madrid (España)

Correo electrónico: vsoulary@emp.uc3m.es

PIEDRA-MUÑOZ, LAURA

Universidad de Almería (España)\*\*

Correo electrónico: lapiedra@ual.es

GALDEANO GÓMEZ, EMILIO\*\*

Correo electrónico: galdeano@ual.es

### RESUMEN

El artículo tiene como objetivo analizar los desbalances o desequilibrios sectoriales en la producción de bienes y servicios, identificados en la estructura productiva de Cuba, siguiendo una metodología que incluye la modelización matemática. Se diseñan y aplican modelos econométricos y de programación por metas (GP) para evaluar la importancia relativa, estimar y resolver los desequilibrios entre los sectores económicos de destinos intermedio y final de la economía cubana. Lo que posibilita el diseño de políticas públicas enfocadas a la mejora de la complementariedad e integración económica; aspecto relevante en el proceso de actualización del modelo económico y social cubano, refrendado en los documentos gubernamentales que rigen la reforma económica emprendida en 2011. Se aplica la metodología en la provincia de Santiago de Cuba, donde se estimaron desequilibrios sectoriales e identificaron reservas de capacidades productivas de bienes y servicios por 42.500 millones de pesos para equilibrar los desbalances, lo que puede contribuir a la toma de decisiones de inversión en el marco de la estrategia de desarrollo económico y social del país hasta 2030.

**Palabras clave:** balance sectorial; econometría; programación por metas.

**Clasificación JEL:** C01, C02, D58, E22.

**MSC2010:** 62P20, 91B66, 90C29.

Artículo recibido el 10 de julio de 2021 y aceptado el 10 de mayo de 2022.

## Sectorial balance using mathematical models. Application in Cuba

### ABSTRACT

The objective of the paper is to equilibrate the sectorial imbalances of the production of goods and services, identified in the Cuban productive structure, following a methodology that includes mathematical modeling. Econometric and goal programming (GP) models are designed to assess the relative importance, to estimate and to solve the imbalances between the intermediate and final destination in economic sectors of the Cuban economy. This makes it possible to design public policies focused on improving economic complementarity and integration, a relevant aspect in the process of updating the Cuban economic and social model, endorsed in the government documents governing the economic reform undertaken since 2011. As a result, the methodology is applied in the province of Santiago de Cuba, where sectorial imbalances were estimated and productive capacities reserves of goods and services by 42.500 million pesos were identified to equilibrate the imbalances, which can contribute to investment decision-making within the framework of the country's economic and social development strategy until 2030.

**Keywords:** sectorial balance; econometric; goal programming.

**JEL classification:** C01, C02, D58, E22.

**MSC2010:** 62P20, 91B66, 90C29.



## 1. Introducción

La estructura productiva de un país o región está definida por aquellas actividades que determinan la producción de bienes y servicios. La misma usualmente suele dividirse, para su organización y estudio, en tres sectores: sector primario o extractivo, el sector secundario o manufacturero y el sector terciario o de servicios (Mendoza, 2020; Junior, et al., 2020).

En los países de América Latina, el modelo económico de desarrollo mantiene una estructura productiva de Modelo Primario Exportador (MPE), sustentada en la exportación de materias primas básicas con poco valor agregado y menor precio y la importación de bienes y servicios elaborados con mayor valor agregado a mayores precios (Primera, 2013; Bárcena, Prado & Abeles, 2015).

Informaciones del Anuario Estadístico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) muestran que la región de América Latina y el Caribe, en 2018 experimentó un incremento en la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) de 1,3%, a la vez que un desequilibrio en su Balanza de Pagos, con un déficit en la Balanza de Bienes y Servicios de -26.769,5 millones de dólares, consistente con una economía subdesarrollada y dependiente (CEPAL, 2019).

La anterior situación regional se ha visto agravada por la actual crisis global ocasionada por la pandemia de la COVID-19, lo que provocará afectaciones que superan las crisis económicas internacionales de la década del 30, la de la postguerra del pasado siglo y la crisis inmobiliaria de 2008 (CEPAL, 2020a).

Sobre la base de estimaciones de los efectos de los procesos actuales, para los países de la región se estima una caída promedio del PIB del 9,1% en 2020, con disminuciones del 9,4% en América del Sur, el 8,4% en Centroamérica y México, y el 7,9% en el Caribe. En el caso de Cuba, la misma fuente pronosticó una disminución del 8,0 % del PIB (CEPAL, 2020b).

En este contexto, la provincia de Santiago de Cuba, considerada como una de las más importantes del país desde los puntos de vista económico y social, tiene una extensión territorial de 6.156,44 km<sup>2</sup> que la ubica en el sexto lugar en extensión en el país, con una población de 1.049.256 habitantes (Hab), de ellos 423.151 Hab laboralmente activos y 408.361 Hab ocupados para una tasa de ocupación del 96,5%, con una producción de bienes y servicios de 4.868,71 Millones de Pesos (MMP) en 2018 (ONEI, 2019c).

Esta problemática general sustenta la pertinencia de esta investigación, orientada a evaluar la importancia relativa y complementariedad de los sectores de la estructura productiva en Cuba, aplicada a la provincia Santiago de Cuba, identificar posibles desequilibrios inter sectoriales teniendo en cuenta el destino de las producciones de bienes y servicios (PBS); determinar las reservas de capacidades de PBS y los valores óptimos que equilibren los desbalances, que pudieran considerarse para decidir futuras inversiones en el territorio, que contribuyan al cumplimiento de la estrategia de desarrollo económico y social del país hasta 2030 (De Cuba, 2020).

## 2. Fundamentación teórica

La estructura productiva está definida por aquellas actividades y sus relaciones, en las cuales recae la actividad productiva y de servicios del país. La complejidad, importancia y desempeño de la estructura productiva están determinados fundamentalmente por el desarrollo tecnológico, económico y social alcanzado por el país, lo que permite transformar el tejido productivo para alcanzar una relativa autosuficiencia, lo que depende en gran medida del modelo económico de desarrollo adoptado (Primera, 2013; Utkovski et al., 2018).

El desarrollo de un país está estrechamente relacionado con la estructura productiva de su economía. Esta abarca desde la importancia relativa de las diferentes ramas productivas hasta las características institucionales, pasando por aspectos geográficos y de política económica (Primera, 2013; Utkovski, et al., 2018; Junior et al., 2020; Mendoza, 2020).

Un enfoque sistémico de la estructura productiva permite identificarla como el conjunto de interacciones entre los distintos actores económicos y sociales que utilizan los recursos que tienen a su disposición los países para llevar adelante las actividades productivas; de estas interacciones se derivan los encadenamientos productivos y las relaciones sociales resultantes del proceso de creación de riqueza. Por lo que desarrollar la estructura productiva en un país, implica identificar nuevas formas de producción, distribución y cambio en los patrones productivos y de consumo.

En este sentido, los gobiernos deben orientar y priorizar sus políticas públicas a la conformación de nuevas industrias, la promoción de sectores con alta productividad, competitivos, sostenibles y diversos que se complementen (Ocampo, 2008; Primera, 2013; Utkovski, et al., 2018).

## **2.1. El cambio de la estructura productiva para propiciar el desarrollo**

Según Prebisch (2012), en los países de la “periferia”, consecuencia del Modelo Primario Exportador (MPE), la diversificación productiva es casi nula, se observa una gran heterogeneidad tecnológica, asimetrías regionales; y la especialización solo existe en algunas actividades (sector exportador), contribuyendo a que estos países, muestren una estructura productiva deformada y dependiente, susceptible de ser distorsionada fácilmente.

Además de Prebisch, Ocampo (2008) sostuvo que para alcanzar el desarrollo es necesario programarlo con la participación del Estado como orientador, promotor y planificador del desarrollo; de esta manera el proceso de desarrollo se alcanza superando la deformación estructural, con una intervención deliberada del Estado sustentada en la aplicación de políticas públicas priorizadas para transformar la estructura productiva.

Para su análisis, el cambio de la estructura productiva puede ser abordado desde tres formas diferentes. La primera sería estudiar la participación de los sectores primario, secundario y terciario en el Producto Interno Bruto total. La segunda, comprende vincular la estructura de la producción, basada en el valor agregado, con la dotación de factores: disponibilidad de trabajo, de capital, el factor organizacional y los recursos naturales. La tercera está relacionada con el estudio de la estructura de producción, interpretándola según la composición de la demanda o de las fuentes y asignación de recursos.

Debido a las limitaciones de las fuentes estadísticas en Cuba, se utilizará una estrategia de evaluación y equilibrio de tipo *non survey*, que requiere menor cantidad de datos y detalles en cuanto al comportamiento de variables clave como oferta y demanda de bienes y servicios, precios relativos y empleo, pero que mantiene la consistencia interna y posibilita la racionalidad y representatividad del modelo a nivel territorial. El modelo contiene elementos de la primera y tercera forma (expuestas en el párrafo anterior), por cuanto se modela la asignación de recursos de los sectores de destino final a los de destino intermedio, a fin de dinamizar la estructura productiva hacia un equilibrio que favorezca los encadenamientos productivos y la complementariedad intersectorial.

## **2.2. Los encadenamientos productivos, transformadores de la estructura productiva**

En el desempeño de la estructura productiva cobran una vital importancia los encadenamientos productivos, que constituyen secuencias de decisiones de inversión que se originan durante los procesos de industrialización que caracterizan el desarrollo económico de un país o región (Hirschman, 1998). La teoría de los encadenamientos productivos hacia atrás (*backward linkages*) y hacia delante (*forward linkages*) procura mostrar cómo y cuándo la producción de un sector es suficiente para satisfacer el

umbral mínimo o escala mínima necesaria para hacer atractiva la inversión en otro sector que éste abastece o procesa (Hirschman, 1998).

En este sentido, uno de los elementos más importantes en la transformación de la estructura productiva son los encadenamientos productivos que expresan las dinámicas de relación entre los sectores, con el fin de identificar las actividades económicas con potencialidades para transformarse en ejes dinamizadores del crecimiento.

### **2.3. Los sectores económicos en la estructura productiva**

En las ciencias económicas, generalmente se reconocen tres sectores económicos; el sector primario que incluye la agricultura, la minería y otras industrias de recursos naturales; el sector secundario que cubre la fabricación (manufactura), ingeniería y construcción; y un sector terciario para las industrias de servicios (Kenessey, 1987; Rosenberg, 2007).

Desde otro punto de vista, los sectores económicos se pueden clasificar teniendo en cuenta los sentidos direccionales de sus encadenamientos productivos predominantes (hacia atrás y hacia delante) y los niveles de oferta y demanda de sus procesos y cadenas productivas, incluyendo los sectores clave (Boundi, 2016).

Según Schuschny (2005) y Mendoza (2020), fundamentados en estudios de Chenery y Watanabe de 1958, determinados sectores tienen efectos específicos sobre los demás por los encadenamientos productivos, el valor agregado que generan y el destino de sus producciones, que tienen las siguientes características:

#### **Sectores no manufactureros de destino intermedio**

A este sector pertenecen algunas actividades del sector primario intermedio como la minería y otras actividades extractivas, las que se caracterizan por: una baja demanda por insumos; el destino de su producción es más bien satisfacer cantidades sustantivas de demanda de otros sectores de insumos de uso intermedio con bajo valor agregado. Estos sectores poseen altos encadenamientos hacia delante y bajos hacia atrás y predominan en la estructura económica de países en desarrollo.

#### **Sectores no manufactureros de destino final**

A estos sectores pertenecen algunas actividades de los sectores primario y terciario como la agricultura, la minería y otras actividades extractivas y de servicio; determinan la estructura económica de regiones o países subdesarrollados. Se caracterizan por tener ofertas que satisfacen la demanda final con bajo valor agregado, compran significativamente pocos insumos a los demás sectores. Son sectores aislados, que no provocan efectos de arrastre significativos, ni un relevante efecto multiplicador, y presentan bajos encadenamientos productivos en ambos sentidos.

#### **Sectores manufactureros de destino intermedio**

A estos sectores pertenecen algunas actividades de los sectores primario y secundario como la manufactura transformativa y otras actividades, son predominantes en la estructura productiva de una región o países en desarrollo. Demandan y ofrecen grandes cantidades de insumos intermedios y venden su producción a otros sectores. Aunque estas no poseen tan alto valor agregado, son parte importante del flujo del sistema económico y poseen altos encadenamientos hacia atrás y hacia delante. Referente a la articulación interna de la estructura productiva, son los sectores más interesantes, ya que propagan cualquier aumento de la demanda final.

## Sectores manufactureros de destino final

A estos sectores pertenecen las actividades manufactureras con productos finales de alto valor agregado y las actividades de servicios sociales como alimentación, salud, educación. Se trata de sectores que compran a otras cantidades sustantivas de insumos y la mayor parte de su producción de bienes y servicios se dirige a la demanda final; predominan en la estructura económica de países desarrollados; influyen de manera significativa en el crecimiento económico global al ser grandes inductores de actividades, poseen altos encadenamientos hacia atrás y bajos hacia delante y pertenecen a la última fase del proceso productivo.

Resumiendo, ante contextos de evaluación y transformación de la estructura productiva, los elementos anteriores son esenciales, para lo que se deben considerar las características de los sectores económicos, actividades y empresas, importancia relativa, destinos de sus producciones y encadenamientos productivos predominantes.

### 2.4. Las Cuentas Nacionales para evaluar el desempeño de la estructura productiva

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) es una rama de la contabilidad a escala macroeconómica que muestra de forma ordenada las transacciones de productos, servicios y materiales que determinan la actividad económica de un país o región.

En este sentido, uno de los consensos más generalizados para diagnosticar y evaluar la estructura productiva, se refiere a calcular la importancia relativa de los sectores y empresas en la economía en base al desempeño de indicadores del SCN como Producción de bienes y servicios, Consumo Intermedio, Valor agregado entre otros indicadores (Junior et al., 2020; Mendoza, 2020).

**Producto Interno Bruto (PIB).** Representa el resultado final de la actividad de producción de las unidades residentes, se corresponde con la producción de bienes y servicios de la economía. El PIB mide el Valor Agregado Bruto (VAB) de toda la economía en un período. En Cuba el 64,31% del PIB nacional está compuesto por los VAB de la actividad productiva, mientras que el 35,49% pertenece a la actividad presupuestaria (ONEI, 2019a).

**Producción de bienes y servicios (PBS).** Es un concepto económico utilizado para medir la actividad económica total en la producción de bienes y servicios en un período. La PBS, en términos generales representa el valor total de la producción de las empresas restándole el valor de los bienes intermedios (en proceso) utilizados en la producción (Fuentes & Ruiz, 2010).

**Consumo intermedio (CIN).** También conocido por demanda intermedia, constituyen los bienes o servicios intermedios utilizados como factores de la producción de los sectores económicos, tales como materias primas, combustible, servicios profesionales, entre otros elementos para producir un bien o servicio final o intermedio (Fuentes & Ruiz, 2010).

**Valor Agregado Bruto (VAB).** En su expresión macroeconómica es un indicador utilizado para medir el nuevo valor creado en una actividad económica total en la producción de bienes y servicios en un período contable. Representa la diferencia entre el valor total de las ventas de las empresas en un período y el valor de los bienes intermedios utilizados (Fuentes & Ruiz, 2010; ONEI, 2019b).

### 2.5. Características de la estructura productiva en Cuba

Según el observatorio de complejidad económica (OEC) en 2018, Cuba es la 84 economía mundial en términos de PIB per cápita (dólares corrientes), la 146 economía en exportación, la 123 en importaciones y la 92 economía en el Índice de Complejidad Económica (ECI). Lo que significa que el país fabrica productos con baja complejidad y poca diversidad, los productos que exporta poseen mínimas ventajas competitivas, lo que podría explicar los bajos niveles de crecimiento económico durante los últimos años (OEC, 2018).

Cuando se analiza la Balanza de Pagos de Cuba en 2018, referida a los bienes, se observa un déficit en las exportaciones de -9.111,00 MMP (ONEI, 2019a). Al examinar el monto de las importaciones y su composición, se observa que de un total de 11.484,00 MMP importados en 2018, aproximadamente el 75,00% correspondió a combustibles, alimentos y productos manufactureros (ONEI, 2019a).

Un aspecto importante es el significativo peso de los servicios en las exportaciones, que en 2018 ascienden a 11.764,00 MMP. Lo que representan el 81,09 % del total de las exportaciones del país, destacando los servicios profesionales (ONEI, 2019a). Esta particularidad hace a la economía cubana muy vulnerable ante los fenómenos naturales, económicos y sociales (De Cuba, 2020).

A la anterior situación contribuyen negativamente, los problemas típicos de una economía subdesarrollada, problemas estructurales relacionados con una gestión ineficiente de las empresas y deficiencias del sistema financiero provocados por la dualidad monetaria y cambiaria, unidos a una base productiva obsoleta que elabora productos poco competitivos en relación a los estándares internacionales (De Cuba, 2020).

Referido a la economía doméstica se unen la ineficiencia económica y los problemas estructurales en los niveles micro y macroeconómicos de la economía, respectivamente (Martínez, 2020). Por lo que se hace necesario impulsar la transformación de la estructura productiva para incentivar la productividad, competitividad y complementariedad de la producción nacional, teniendo como base la diversificación productiva y el desarrollo territorial.

En el marco del llamado proceso de “actualización del modelo económico cubano”, el Estado cubano ha aprobado un conjunto de políticas, cuya finalidad es la superación de los problemas estructurales de larga data, que resultan rémoras al crecimiento y desarrollo económico del país. Las políticas de mayor relevancia son aquellas que se orientan a la diversificación de las formas de propiedad. Éstas han dado paso al surgimiento de un incipiente sector privado que se conecta al mercado interno y al sector de transables, cumpliendo los objetivos de satisfacer la demanda nacional, potenciar las exportaciones y sustituir importaciones. Desde el punto de vista legal, los cambios más importantes son la nueva ley de inversión extranjera para estimular la presencia del capital externo en los sectores estratégicos, y los nuevos esquemas de financiamiento para inversiones entre otras políticas para estimular el desarrollo económico (De Cuba, 2020).

## **2.6. La modelación matemática en la evaluación, planeación y balance sectorial**

El rasgo esencial de los modelos de equilibrio general es que representan un conjunto de actores económicos interrelacionados, que pueden ser construidos, resueltos e interpretados desde la posición de la oferta o la demanda. Este tipo de modelo tiene sus orígenes en las ideas del flujo circular de Quesnay. Posteriormente fueron adquiriendo sus rasgos actuales gracias a los desarrollos teóricos de Walras, Keynes, Leontief, Arrow y Debreu, entre otros.

Coincidiendo con Suescún y Steiner (2017), los modelos de equilibrio son básicamente sistemas de ecuaciones que describen los balances de oferta y demanda de los sectores de una economía. La solución de estos sistemas de ecuaciones constituye el equilibrio del modelo, que da una idea del comportamiento esperado de las cantidades y precios en los mercados considerados y dependiendo de la estructura del modelo, es posible estimar variables e indicadores de la estructura productiva. Además, el equilibrio permite determinar la asignación de recursos entre los distintos sectores de la economía.

En la actualidad es muy extendido el uso de modelos de balance sectorial para equilibrar los elementos de la estructura productiva de un país; entre los modelos más utilizados se encuentran: el modelo integral dinámico de equilibrio para la toma de decisiones determinístico y multisectorial (Suescún & Steiner, 2017). En éste se modela la economía colombiana desde el lado de la oferta, a través de sectores productivos que se interrelacionan por el consumo intermedio, lo que da la posibilidad de simular políticas económicas de forma discrecional; un tratamiento de los encadenamientos

productivos intersectoriales y un análisis detallado de la dinámica sectorial, que contiene el equilibrio general dinámico estocástico y el equilibrio general con optimización dinámica computable, basados en concepciones generales de tipo heurístico o apoyados en la modelación matemática.

En otro sentido, los modelos econométricos (ME) se han aplicado en varios contextos para determinar la influencia de atributos sectoriales en los indicadores del SCN, tanto con fines predictivos como explicativos, para planificar o evaluar procesos inversionistas. Como el análisis de los factores determinantes de la inversión privada en Brasil (Ribeiro & Teixeira, 2001), el uso del Modelo KLEMS y una función de tipo Cobb-Douglas para identificar y evaluar los factores de la inversión de Japón sobre la industria electrónica de México (Orobio & Guzmán, 2020).

En las aplicaciones anteriores, tienen un amplio uso los ME de análisis de varianza llamados modelos ANOVA utilizados para evaluar la significancia estadística de la relación entre una variable regresada cuantitativa y otras regresoras cualitativas, dicótomas o *dummies* (Gujarati & Porter, 2010, p. 278).

En otro sentido, el problema de Programación por Metas *Goals Programming* (GP) fue enunciado por primera vez por Charnes y Cooper (1961) y publicado en su libro: *Management model and industrial applications of Linear Programming*, aún sin esta denominación y fue concebido para resolver problemas multiobjetivos. Otros autores, además de las desviaciones, incluyen las prioridades y las ponderaciones en la función objetivo lo que permitió aplicar el modelo a soluciones más complejas (Tamiz, Jones & Romero, 1998).

Un aspecto importante en la GP lo constituyen los tratamientos del decisor a las variables de desviación, lo que distingue los métodos en: metas lexicográficas, metas ponderadas y métodos MINMAX. En el primero el decisor ordena las metas con orden decreciente de prioridad, el segundo consiste en asignar pesos a las variables de desviación y el tercero, también conocido como programación por metas de Chebyshev, consiste en minimizar la máxima desviación entre las metas evaluando esta distancia (García, 1998; Romero, 2004).

Casos específicos del uso de la programación por metas (GP) es un modelo general computable para el balance sectorial, que basa el equilibrio en una jerarquía lexicográfica de los objetivos para apoyar la toma de decisiones en la aplicación de políticas macroeconómicas medioambientales en la economía española (André, Cardenete & Romero, 2009). Además del uso de modelos de GP para el balance del desarrollo territorial basado en un factor de innovación (Isaev, 2019).

En este trabajo se propone una metodología que integra la aplicación de modelos econométricos y de programación por metas (GP) basadas en prioridades lexicográficas para identificar, explicar y equilibrar, respectivamente, los posibles desbalances entre los sectores, evaluando el destino de las producciones de bienes y servicios, en correspondencia con su clasificación sectorial.

El modelo se plantea desde el lado de la oferta de los sectores de la estructura productiva, cuyas relaciones se expresan a través de indicadores seleccionados del SCN, útil para tomar decisiones de inversión que equilibren los posibles desbalances sectoriales identificados.

### 3. Materiales y métodos

La propuesta metodológica sigue una secuencia de pasos que se detallan a continuación:

**Paso 1:** Identificar los desequilibrios sectoriales en la estructura productiva, para lo que se debe estimar el peso relativo de los sectores y empresas en la economía utilizando un modelo econométrico con fines explicativos.

**Objetivo general de la aplicación del modelo econométrico:** proyectar y/o explicar algunas de las principales variables y atributos de la estructura productiva.

### **Antecedentes del modelo**

A partir de indicadores del SCN referente a la estructura productiva como: Producción de bienes y servicios (*PBS*), Consumo Intermedio (*CIN*) y Valor Agregado Bruto (*VAB*) y la clasificación de empresas según los destinos de la PBS (intermedio o final) entre otros atributos, es posible explicar el peso otros atributos como precios, ingresos, costos y gastos, además de evaluar y proyectar el comportamiento de estas variables.

Se considerará la información cualitativa referente a los preceptos teóricos de Schuschny (2005) y Mendoza (2020), fundamentados en estudios de Chenery y Watanabe de 1958, para clasificar sectores y empresas en función de: destino de la producción de bienes y servicios (intermedio o final); mayor o menor generación de valor agregado; encadenamientos productivos predominantes (menores hacia atrás, menores hacia delante, menores hacia atrás, mayores hacia delante, mayores hacia atrás, mayores hacia delante, mayores hacia atrás, menores hacia delante); generación de efectos arrastre y multiplicador entre los sectores y empresas.

### **Objetivos específicos del modelo econométrico:**

- Estimar la importancia relativa de los sectores en la economía del territorio o país.
- Identificar posibles desbalances o desequilibrios entre los sectores de la estructura productiva.

### **Índices y acrónimos de variables**

*i*: Cantidad de empresas;  $i = 1 \dots n$

*k*: Atributos a estimar

*s*: Clasificación sectorial en dependencia de sus encadenamientos, valor agregado y destino de su producción;  $s = 1 \dots T$  (1- *NMDI*, 2- *NMDF*, 3-*MDI*, 4-*MDF*), donde,

*NMDI*: Sector no manufacturero de bienes y servicios de destino intermedio.

*NMDF*: Sector no manufacturero de bienes y servicios de destino final.

*MDI*: Sector manufacturero de bienes de destino intermedio.

*MDF*: Sector manufacturero de bienes de destino final.

### **VARIABLES DEPENDIENTES (EXPLICADAS) EN FUNCIÓN DE (*k*):**

$Y_1, Y_2$  (*PBS, VAB*)

La siguiente expresión establece y mantiene el necesario balance entre los indicadores empresariales y sus equivalentes del SCN:

$$VAB = PBS - CIN \quad [1]$$

Los indicadores Producción de Bienes y Servicio (*PBS*) y el Valor Agregado (*VAB*) serán usados indistinta y relacionalmente como variables dependientes (explicadas) e independientes (explicativas) y el *CIN* se considerará variable independiente en el modelo a diseñar, en dependencia de los objetivos de la aplicación de éste.

## Supuestos prácticos a considerar

En el contexto cubano de una economía abierta pero planificada, basada en la propiedad social sobre los medios de producción, donde el Estado cubano es el principal actor e inversor, existen condiciones para que éste controle y regule las relaciones intersectoriales.

Se parte de que si en una estructura productiva determinada, la mayor cantidad de las empresas clasifican en los sectores no manufactureros o manufactureros con producciones de bienes y servicios de destino final (NMDF, MDF), es de suponer, que existan reservas o se puedan crear capacidades de producción de bienes y servicios en los sectores con destino intermedio (NMDI, MDI) que se pueden utilizar si se transfieren o venden determinadas cantidades de *PBS* desde los primeros a los segundos sectores. Lo que presume que las empresas de los sectores NMDF y MDF producen bienes y servicios que pueden ser insumidos por las empresas NMDI, MDI.

## VARIABLES INDEPENDIENTES (EXPLICATIVAS) E ÍNDICES DE LOS ATRIBUTOS

VARIABLES CUALITATIVAS ASOCIADAS A COMPONENTES SECTORIALES EXTERNOS.

$X_s$ : Clasificación de los sectores de la economía dependiendo de: destino de su producción de bienes y servicios, encadenamientos predominantes, valor agregado y efectos multiplicador y de arrastre representativos, variables exógenas tipo *dummies* con valores dicotómicos (0-1).

$X_1; X_2; X_3; X_4$ : Clasificación de sectores (0-1 NMDI, 0-1 NMDF, 0-1 MDI, 0-1 MDF).

## Parámetros:

$B_0^{(k)}$ : Valor esperado de la variable  $Y_k$ , cuando las variables independientes sean cero.

$B_{PBS, CIN, VAB}^{(k)}$ : Coeficientes asociados a cada una de las variables independientes *PBS*, *CIN*, *VAB*, representa la variación de la variable  $Y_k$  por la variación unitaria de cada una de estas variables, manteniendo constante el resto de las variables.

$D_s^{(k)}$ : Coeficientes asociados a variables exógenas  $X_s$ , relacionadas con la clasificación sectorial para calcular el valor esperado de la variable  $Y_k$ , con la siguiente expresión:

$$\bar{Y}_s = B_0 + D_s^{(k)}; \forall s \in (1, 2, \dots, s) : D_s^{(k)} = 0, \text{ donde} \quad [2]$$

$\bar{Y}_s$ : Valor esperado de la variable  $Y_k$  ante la presencia del atributo en la variable  $X_s$

Se diseñará un modelo econométrico general de tipo ANOVA que considera como variables dependientes  $Y_k$  la *PBS* y el *VAB*:

## Especificación del modelo econométrico

$$Y_k = B_0^{(k)} + \sum_s D_s^{(k)} X_s + \varepsilon \quad [3]$$

## Procedimiento de trabajo con el modelo econométrico

- 1) Usando como variable dependiente el *VAB*, estimar el peso o importancia relativa de los sectores en la economía, en lo referente a clasificación sectorial.
- 2) Considerado como variable dependiente la *PBS*, estimar los posibles desbalances o desequilibrios existentes entre los sectores de la estructura productiva.

A partir de la clasificación sectorial en base al destino de las producciones de bienes y servicios, evaluar la existencia de reservas de capacidades y encadenamientos productivos. Además, es posible considerar un incremento de la *PBS* en los sectores NMDI y MDI al estimar una disminución del *CIN*, resultado de mejoras tecnológicas y las buenas prácticas en los nuevos proyectos inversionistas.

**Paso 2:** Equilibrar los desbalances sectoriales identificados usando un modelo de programación por metas.

Si se cambia el destino de parte de la Producción de Bienes y Servicios (*PBS*) de los sectores NMDF y MDF, puede ser utilizada como fuente para desarrollar los sectores NMDI y MDI. En términos prácticos es un balance entre fuentes y destino a partir de distintos escenarios, caracterizados por el valor porcentual de la *PBS* final dispuesto a transferir de los sectores NMDF y MDF hacia los sectores NMDI y MDI respectivamente.

En Cuba las erogaciones en divisas para la importación de bienes intermedios presionan sistemáticamente la Balanza de Pagos. En 2019 las importaciones de bienes intermedios representaron el 64,3%, del total de las importaciones del país (ONEI, 2020). La nueva situación de equilibrio de la estructura productiva, pudiera significar, por ejemplo:

- a) Destinar un porcentaje de la *PBS* de las empresas NMDF hacia las empresas NMDI, por ejemplo en las empresas no manufactureras del sector primario: parte de las producciones de la actividad agropecuaria (carnes, leches, viandas, frutas, vegetales y granos) que actualmente se venden directamente a la población en su estado natural, sin elaborar, enviarlas a plantas procesadoras (agroindustria) donde se beneficien y elaboren productos alimenticios inocuos, con mayor valor agregado que favorezcan los encadenamientos productivos y generen mayores efectos arrastre y multiplicador en la estructura productiva, al tiempo que contribuyan a la sustitución de importaciones.
- b) Utilizar una parte de la *PBS* de las empresas MDF como fuente de materias primas para las empresas MDI, por ejemplo en las empresas de Recuperación de Materias Primas, específicamente de recolección de metales ferrosos y no ferrosos como Cobre, Bronce y Aluminio, que actualmente exportan gran parte de sus producciones en forma de chatarra a menores precios, destinarlas a plantas de tratamiento, fundición y/o elaboración, donde se transformen en elementos, útiles y piezas de repuesto con mayor valor agregado para el mercado nacional, actualmente deficitarias para el país, evitando así, la importación de estas producciones a altos precios en divisas convertibles.

### **Objetivos del modelo matemático de programación por metas (GP)**

- Determinar los valores óptimos de *PBS*, *CIN* y *VAB* necesarios para satisfacer las metas que equilibren los desequilibrios sectoriales identificados y aprovechen las capacidades sectoriales determinadas en los diferentes escenarios.
- Contribuir a la toma de decisiones de políticas de inversión que posibiliten destinar recursos en forma de *PBS* desde los sectores de producción de destino final hacia los sectores de destino intermedio, manteniendo el balance funcional entre los indicadores *PBS*, *CIN* y *VAB*.

En la sección de anexos se muestran y detallan los conjuntos, índices, las variables de decisión y holgura (desviación) y los parámetros y coeficientes del modelo matemático.

### **Planteamiento del modelo de programación por metas (GP)**

El modelo se fundamenta en minimizar una función objetivo para cada escenario  $s$ , donde el orden de las metas lexicográficas prioriza, en primer lugar, satisfacer las metas referidas a cumplir el balance y la relación funcional entre *PBS*, *CIN* y *VAB*, en segundo y tercer lugar satisface las metas de

producción y de capacidades, respectivamente de los sectores NMDI y MDI, lo que estará determinado por el orden de las restricciones débiles.

### Función objetivo

$$Lex \min f^s = \sum_{k \in R} (UI_k^s + NI_k^s) + \sum_{k \in R} (UF_k^s + NF_k^s) + \sum_{i \in N} UP_i^s + \sum_{i \in N} NC_i^s$$

### Restricciones asociadas a recursos (fuertes)

a) Restricción de ligadura que garantiza el debido balance entre *PBS*, *CIN* y *VAB* (expresión 1).

- Para las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$PI_i^s - CI_i^s - VI_i^s = 0 \quad \forall i \in N$$

- Para las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$PF_j^s - CF_j^s - VF_j^s = 0 \quad \forall j \in M$$

b) Para acotar el importe total de *PBS* a recibir por las empresas los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{Y_1^s}{100} = \sum_{j \in M} pt_j \cdot INPBS^s$$

c) Para acotar los nuevos valores de *CIN* por las empresas de los sectores NMDI y MDI, considerando un índice de disminución del *CIN* a partir de la *PBS* a considerar en la empresa ( $0 < INCI^s < 1$ ).

$$CI_i^s \geq cr_i + cr_i \cdot INCI^s \quad \forall i \in N$$

$$CI_i^s < cr_i \quad \forall i \in N$$

d) Para establecer los nuevos valores de *VAB* por las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$VI_i^s \geq v_i + v_i \cdot INVAB^s \quad \forall i \in N$$

e) Para determinar el valor total de *PBS* a recibir por las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} H_i^s - Y_1^s = 0$$

f) Para establecer los valores de *PBS* por la empresa *j* de los sectores NMDF y MDF.

$$PF_j^s + L_j^s \leq pt_j \cdot (1 - INPBS^s) \quad \forall j \in M$$

g) Para establecer los valores de *CIN* por las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$CF_j^s \leq ct_j \quad \forall j \in M$$

h) Para establecer los valores de *VAB* por las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$VF_j^s \geq vt_j \quad \forall j \in M$$

i) Determinar el valor total de *PBS* a transferir de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} L_j^s - X_1^s = 0$$

j) Equilibra los valores de *PBS* a transferir (fuentes) y a recibir (destinos) entre las empresas.

$$Y_1^s - X_1^s = 0$$

**Restricciones asociadas a recursos y sus metas (débiles)**

k) Para limitar los nuevos valores totales de *PBS* a recibir por las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{PI_i^s}{100} + UI_1^s - NI_1^s = \sum_{i \in N} pr_i + INPBS^s \cdot \sum_{j \in M} pt_j$$

l) Para limitar los nuevos valores totales de *CIN* de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{CI_i^s}{100} + UI_2^s - NI_2^s = \sum_{i \in N} cr_i + INCIS^s \cdot \sum_{j \in M} ct_j$$

m) Para limitar los nuevos valores totales de *VAB* de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$$\sum_{i \in N} \frac{VI_i^s}{100} + UI_3^s - NI_3^s = \sum_{i \in N} vr_i + INVAB^s \cdot \sum_{j \in M} vt_j$$

n) Para limitar los valores totales de *PBS* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} \frac{PF_j^s}{100} + UF_1^s - NF_1^s = INPBS^s \cdot \sum_{j \in M} pt_j$$

o) Para limitar los valores totales de *CIN* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} \frac{CF_j^s}{100} + UF_2^s - NF_2^s = \sum_{j \in M} ct_j \cdot INPBS^s$$

p) Para limitar los valores totales de *VAB* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$$\sum_{j \in M} \frac{VF_j^s}{100} + UF_3^s - NF_3^s = \sum_{j \in M} vt_j \cdot INPBS^s$$

q) Para establecer los nuevos valores de *PBS* se redistribuyen uniformemente el valor total de *PBS* dispuesto a transferir de las empresas de los sectores NMDF y MDF a la empresa de los sectores NMDI y MDI.

$$PI_i^s + H_i^s + UP_i^s - NP_i^s \geq pr_i + \frac{pr_i}{\sum_{i \in N} pr_i} \cdot \sum_{j \in M} pt_j \cdot INPBS^s \quad \forall i \in N$$

r) Para limitar los nuevos valores de *PBS* de la empresa *i* de los sectores NMDI y MDI a las capacidades empresariales *i* identificadas.

$$PI_i^s + UC_i^s - NC_i^s \leq cap_i \quad \forall i \in N$$

**Restricciones de no negatividad**

$$PI_i^s, CI_i^s, VI_i^s, CAP_i^s, H_i^s, pr_i, cr_i, vr_i, cap_i \geq 0 \quad \forall i \in N$$

$$X_1^s, Y_1^s \geq 0$$

$$PF_j^s, CF_j^s, VF_j^s, L_j^s, pt_j, ct_j, vt_j \geq 0 \quad \forall j \in M$$

**Paso 3:** Comprobar el estado de equilibrio de los desequilibrios sectoriales identificados.

Con los valores óptimos de las variables de decisión  $PI_i^s, CI_i^s, VI_i^s$  y  $PF_j^s, CF_j^s, VF_j^s$  resultados del mejor escenario *s* de evaluación del modelo matemático anterior, evaluar nuevamente el modelo econométrico de la expresión [3] para estimar una ecuación de regresión con fines explicativos y comprobar el estado de los desequilibrios sectoriales identificados.

Comparar los valores anteriores con los originales de *PBS*, *CIN* y *VAB* para evaluar las posibles reservas de producción de bienes y servicio por empresas y sectores.

Como estudio de caso, se aplicará la metodología en una provincia de Cuba, para lo que se usarán las series de datos del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) por sectores, actividades económicas y empresas en el período 2013-2018, valorados a precios corrientes, contenidos en los Anuarios Estadísticos del país y la provincia Santiago de Cuba, publicados por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI, 2019a, 2019b, 2019c).

#### 4. Resultados

El estudio incluyó las 145 empresas de la provincia Santiago de Cuba de la actividad empresarial (113 empresas; 78,00%) y la presupuestada (34 empresas; 22%), donde el 12,33% clasifica en el sector primario; el 32,19% al sector secundario; el 55,48% se ubica en el sector terciario y el 100% de la actividad presupuestada en el sector terciario.

**Paso 1:** Considerando como variable dependiente el *VAB* ( $Y_k$ ), se estima la importancia relativa de los sectores en la economía provincial en función de la clasificación sectorial considerando el destino de sus producciones y demás atributos. Usando el modelo econométrico general de la expresión [3] y las funcionalidades de regresión del software MiniTab®, fue estimada la siguiente ecuación de regresión:

$$VAB = 21543003 - 10357320 X_1 + 5289742 X_2 - 9356298 X_3$$

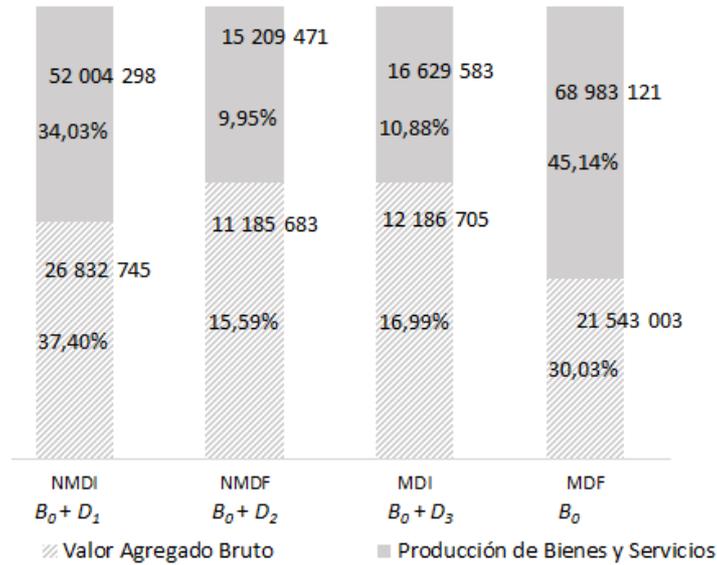
Al analizar los coeficientes  $D_s$  de la ecuación anterior, correspondientes a los valores esperados de  $\overline{VAB}$  y calcular la contribución de cada sector, se interpreta que los sectores con producciones de destino final tienen un mayor peso en los resultados económicos de la provincia (Figura 1).

1) Considerando como variable dependiente la *PBS*, se estiman los desequilibrios entre los sectores.

Usando el modelo general de la expresión [3] se estimó la siguiente ecuación de regresión y partir de la expresión [2] se calculó la importancia relativa de cada sector (Figura 1).

$$PBS = 68983121 - 53773650 X_1 - 16978823 X_2 - 52353538 X_3$$

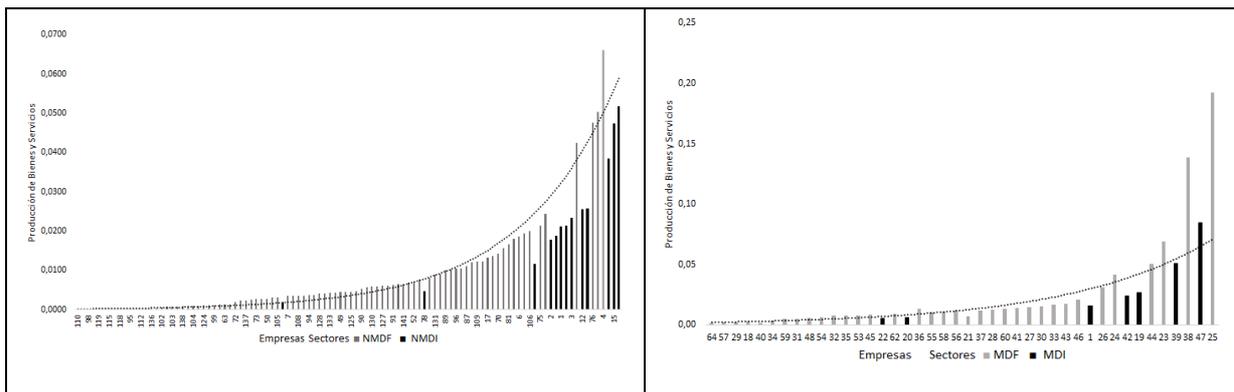
Figura 1. Valores esperados de  $\overline{VAB}$  y  $\overline{PBS}$  (Pesos) e importancia relativa de los sectores (%).



Fuente: A partir de los coeficientes  $B_0, D_3$  de las ecuaciones estimadas y la expresión [2].

Al analizar los coeficientes  $D_3$  de la ecuación de regresión anterior y calcular la contribución de cada sector en base al valor esperado de la  $\overline{PBS}$ , se observa un predominio de las producciones con destino final sobre las de destino intermedio, consistente con el resultado anterior y que demuestra un desequilibrio entre los sectores (Figura 2).

Figura 2. Situación de desequilibrio inicial.



Fuente: Elaborados a partir de los valores reales de  $PBS$  del SCN.

Como se observa en las figuras anteriores, existen desequilibrios en la  $PBS$  entre las empresas con destino intermedio (color negro) en ambos sectores en comparación con las de destino final (color gris). En términos cualitativos sugiere la existencia de bajos encadenamientos productivos, menores efectos arrastre, multiplicador y generación de valor agregado.

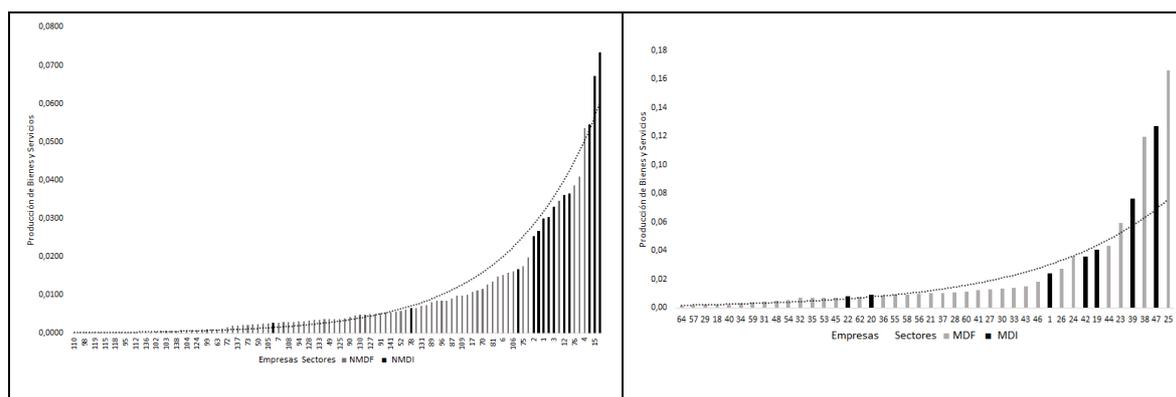
**Paso 2:** Equilibrar los desbalances o disequilibrios sectoriales identificados usando un modelo de programación por metas.

El desarrollo y solución del modelo matemático se realizó con el sistema algebraico de modelaje LINGO®, aprovechando sus funcionalidades de programación estructurada. Se evaluaron varios escenarios a partir de cambios porcentuales en los valores de la Producción de Bienes y Servicios (*PBS*) de los sectores con destino final (*SDF*) a transferir hacia los de destino intermedio (*SDI*).

El mejor escenario de balance se identificó al destinar el 25% de la *PBS* de los *SDF* hacia los *SDI* (*INPBS*) para lograr un mejor equilibrio entre ambos sectores. Además de considerar disminuciones de los Consumos Intermedios (*INCI*) del 5% en las nuevas inversiones, un incremento del Valor Agregado Bruto (*INVAB*) del 5% y un aumento de las capacidades productivas y de servicio del 3%.

A partir de estos datos fueron determinados los valores óptimos de *PBS*, *CIN* y *VAB* necesarios para equilibrar los desbalances sectoriales, los que se muestra en la Figura 3. Además, todos los valores de las variables de desviación del modelo son cero, lo que significa que se satisfacen las metas de balance, producción y capacidades, lo que es consistente con un mejor equilibrio sectorial de la estructura productiva de la provincia.

**Figura 3. Situación de equilibrio sectorial óptimo.**



Fuente: Elaboradas a partir de los valores óptimos de *PBS* resultados del modelo matemático.

En las figuras anteriores se evidencian equilibrios o balances en cuanto a *PBS* entre las empresas con destino intermedio (color negro) en ambos sectores al compararla con las empresas de destino final y con respecto a las mismas empresas de la Figura 2.

**Paso 3:** Con los valores óptimos de las variables de decisión del modelo en el mejor escenario, se evaluó el modelo econométrico y estimaron las ecuaciones de regresión de la Tabla 1.

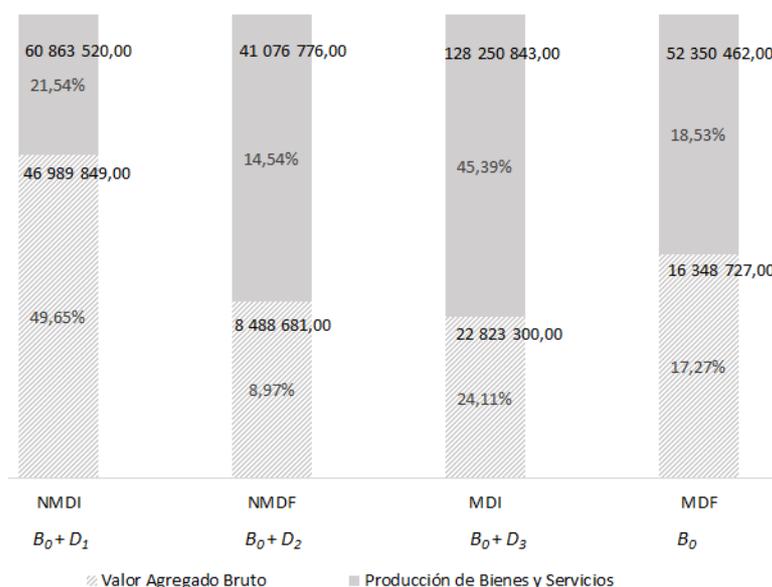
**Tabla 1. Ecuaciones de regresión estimadas para equilibrar los desbalances.**

| Porcentajes    |               | $Y_k$      | Ecuación de regresión estimada del modelo econométrico |
|----------------|---------------|------------|--|
| % <i>INPBS</i> | % <i>INCI</i> |            |  |
| 25%            | 95%           | <i>PBS</i> | $52350462 + 8513058 X_1 - 11273686 X_2 + 75900381 X_3$ |
| 25%            | 95%           | <i>VAB</i> | $16348727 + 30641122 X_1 - 7860046 X_2 + 6474573 X_3$  |

Fuente: Elaboradas a partir del modelo general e indicadores del SCN de la provincia.

De las ecuaciones anteriores y la expresión 2, se calculó la importancia relativa y el balance de sectores en función del valor esperado de la  $\overline{PBS}$  y el  $\overline{VAB}$ , respectivamente (Figura 4).

**Figura 4. Valores esperados de  $\overline{VAB}$  y  $\overline{PBS}$  (Pesos) e importancia relativa de los sectores (%).**



Fuente: Elaborada a partir de los coeficientes  $B_0$ ,  $D_s$  de las ecuaciones estimadas y la expresión [2].

En la figura anterior se observa un mejor equilibrio entre los sectores de producciones con destino intermedio y los de destino final, expresado en los valores esperados de Producción de Bienes y Servicios ( $\overline{PBS}$ ) y Valor Agregado Bruto ( $\overline{VAB}$ ). El nuevo balance sectorial incluye el aprovechamiento de las reservas de capacidades de producción de bienes y servicios y de encadenamientos productivos, identificados en las empresas de los sectores de destino intermedio.

## 5. Análisis de los resultados

Desde los puntos de vistas cuantitativo y práctico, la nueva situación de equilibrio óptimo de la estructura productiva significaría destinar un total de 25.867.305,00 Pesos de PBS de las empresas no manufactureras de destino final (NMDF) del sector primario hacia las empresas de destino intermedio de este mismo sector (NMDI). En el caso de las empresas manufactureras, transferir 16.632.659,00 Pesos de PBS de las empresas manufactureras de destino final (MDF) del sector secundario hacia las empresas de destino intermedio de este mismo sector (MDI).

Desde la óptica cualitativa, en ambos casos, el equilibrio óptimo de los sectores permitiría, a partir de materias primas y producciones básicas de las empresas de los sectores de destino final, diseñar y elaborar nuevos productos y servicios en las empresas de los sectores de destino intermedio, con mayor valor agregado, que favorezcan los encadenamientos productivos en ambos sentidos y provoquen mayores efectos arrastre y multiplicador, dinamizando la estructura productiva de la provincia y el país.

## 6. Conclusiones

Los modelos econométricos estimados evidencian un significativo desequilibrio estructural entre los sectores de la economía de la provincia Santiago de Cuba, donde la mayor importancia relativa, en cuanto a Producción de Bienes y Servicios y Valor Agregado Bruto, la tienen los sectores secundario y primario, representados fundamentalmente por empresas no manufactureras y manufactureras con producción de bienes y servicios de destino final, que no estimulan los encadenamientos productivos y generan menores efectos arrastre y multiplicador, son bajos dinamizadores de la estructura productiva y no favorecen el desarrollo económico de la provincia y del país.

La aplicación del Modelo de Programación por Metas para distintos escenarios permitió determinar los valores óptimos de las variables de decisión relacionadas con los indicadores *PBS*, *CIN* y *VAB* y el mejor escenario para satisfacer los objetivos fijados y equilibrar los desequilibrios sectoriales identificados.

Se determinaron los importes totales de Producción de Bienes y Servicios por 42.500 millones de pesos, posibles a transferir desde las empresas de los sectores manufactureros y no manufactureros de destino final, hacia las empresas de destino intermedio de estos sectores, lo que favorecería el establecimiento de encadenamientos productivos en ambos sentidos y aumentaría los efectos arrastre y multiplicador, dinamizaría la estructura productiva y contribuiría a la sustitución de importaciones en la provincia y el país.

Se identificaron reservas de capacidades de producción de bienes y servicios en los sectores de destino intermedio, que pueden ser consideradas para decidir futuros proyectos de inversiones en la estructura productiva provincial.

En este sentido el Estado cubano debe trazar políticas públicas que atraigan inversiones nacionales o foráneas a la provincia, orientadas a la transformación de la estructura productiva, enfocadas en aprovechar las capacidades de producción de bienes y servicio de los sectores primario, secundario y terciario que propicien encadenamientos productivos que dinamicen la economía, de forma que permitan aprovechar las ventajas comparativas de las provincias y transformarlas en ventajas competitivas de estos territorios.

La metodología diseñada, soportada en modelos matemáticos, se adecua a la realidad cubana actual, y puede facilitar la toma de decisiones racionales, orientando la inversión productiva hacia aquellos sectores y empresas que potencian el crecimiento económico y coadyuvan al cambio estructural en el país.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del proyecto de investigación “Actividades conjuntas para la transferencia de conocimientos para la evaluación de la sostenibilidad de la gestión de servicios de agua potable y residuales sólidos y líquidos en Cuba”, entre la Universidad de Almería (España) y la Universidad de Oriente (Cuba) (Programa PPCI, REF. UAL2021\_2).

## Referencias

André, F.J., Cardenete, M.A., & Romero, C. (2009). A goal programming approach for a joint design of macroeconomic and environmental policies: a methodological proposal and an application to the Spanish economy. *Environmental Management*, 43 (5), 888-898. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9276-x>

- Bárcena, A., Prado, A., & Abeles, M. (2015). *Estructura productiva y política macroeconómica: enfoques heterodoxos desde América Latina*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39844>.
- Boundi, F. (2016). Análisis input-output de encadenamientos productivos y sectores clave en la economía mexicana, *Revista Finanzas y Política Económica*, 1(8), 55-81. <http://dx.doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2016.8.1.4>
- CEPAL, N. (2020a). *Enfrentar los efectos cada vez mayores del COVID-19 para una reactivación con igualdad: nuevas proyecciones*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45782>
- CEPAL, N. (2020b). *Los efectos del COVID-19 en el comercio internacional y la logística*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45877>
- CEPAL, N. (2019). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe, 2018 (LC/PUB.2019/2-P), Santiago. Principales componentes de la balanza de pagos*, 40-41. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44445>
- Charnes, A., & Cooper, W.W. (1961). Management models and industrial applications of linear programming. *Management Science*, 4(1), 38-91. <https://doi.org/10.1287/mnsc.4.1.38>
- De Cuba, P.C. (2020). *Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030*. La Habana, Cuba: Editora Política. [https://www.siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit\\_accion\\_files/siteal\\_cuba\\_0368.pdf](https://www.siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/siteal_cuba_0368.pdf)
- Fuentes, N.A., & Ruiz, C. (2010). El impacto económico de la administración pública en el Distrito Federal en México (metodología de matriz insumo-producto). *Problemas del desarrollo*, 41(160), 157-185. <https://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v41n160/v41n160a8.pdf>
- García, A.M. (1998). Programación estocástica por metas. Teoría y aplicaciones económicas. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/3583/1/T22824.pdf>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Hirschman, A.O. (1998). *Backward and Forward Linkages*. The New Palgrave: A Dictionary of Economics. New York: Palgrave Publishers.
- Isaev, Q. (2019). Targeted programs of balanced development of territories as a factor of innovative development. *Revista Архив научных исследований*. 1(1), 33-35 <https://tsue.scienceweb.uz/index.php/archive/article/view/404/252>.
- Junior, A.A.B., Faria, W.R., Montenegro, R.L.G., Bahia, D.S., & Gonçalves, E. (2020). Research and development, productive structure and economic effects: Assessing the role of public financing in Brazil. *Economic Modelling*, 90, 235-253. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.04.017>
- Kenessey, Z. (1987). The primary, secondary, tertiary and quaternary sectors of the economy. *Review of Income and Wealth*, 33(4), 359-385. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4991.1987.tb00680.x>
- Martínez, R. (2020). El Índice de Precios al Consumidor en la provincia Santiago de Cuba: una disyuntiva para reflexionar. *Anuario Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Número especial* (1), 42-53. <https://anuarioeco.uo.edu.cu/index.php/aeco/article/view/5140/4609>

- Mendoza, M.A. (2020). Economic interdependence in the productive structure of Sonora 2013: an input-output approach. *Revista de economía*, 37(94), 9-34. <https://doi.org/10.33937/reveco.2020.127>.
- Ocampo, J. A. (2008). Hirschman, la sustitución de importaciones y la teoría del desarrollo. *Desarrollo y Sociedad*, 62, 41-65.
- OECD (2018). *Economic Complexity Legacy Rankings (ECI)*. <https://oec.world/es/rankings/country/eci/>
- ONEI (2019a). *Anuario Estadístico de Cuba, 2018*. [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/aec\\_2019\\_0.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/aec_2019_0.pdf)
- ONEI (2019b). *Anuario Estadístico de Cuba, 2018. Capítulo 5. Cuentas Nacionales*. [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/05\\_Cuentas\\_Nacionales.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/05_Cuentas_Nacionales.pdf)
- ONEI (2019c). *Anuario Estadístico Santiago de Cuba 2018*. [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario\\_est\\_provincial/santiago\\_de\\_cuboka.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_provincial/santiago_de_cuboka.pdf)
- ONEI (2020). *Anuario Estadístico 2020*. [http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/08\\_sector\\_externo\\_2020.pdf](http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/08_sector_externo_2020.pdf)
- Orobio, E. & Guzmán, L., (2020). Analysis of the Productivity Effects of Japan's Foreign Direct Investment in Mexico's Electronic Industry. *Nova scientia. Sección: Ciencias Humanas y Sociales*, 12(24), 1-36. [doi.org/10.21640/ns.v12i24.2017](https://doi.org/10.21640/ns.v12i24.2017)
- Prebisch, R. (2012). *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40010>
- Primera, J.G.P. (2013). La teoría económica del desarrollo desde Keynes hasta el nuevo modelo neoclásico del crecimiento económico. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 19(1), 123-142. <https://www.redalyc.org/pdf/364/36428605012.pdf>
- Ribeiro, M.B., & Teixeira, J.R. (2001). Análisis econométrico de la inversión privada en Brasil. *Revista de la CEPAL*, 74. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/10758>
- Romero C. (2004). A general structure of achievement function for a goal programming model. *European Journal of Operational Research*, 153, 675-686. [https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00793-2](https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00793-2)
- Rosenberg, M. (2007). *Sectors of the Economy*. <https://www.madison-schools.com/cms/lib4/MS01001041/Centricity/Domain/1339/Sectors%20of%20the%20Economy.docx>
- Schuschny, A.R. (2005). Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: teoría y aplicaciones. *United Nations Publications, No. 37, S.05.II.G.191*, 1-96. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4737-topicos-modelo-insumo-producto-teoria-aplicaciones>.
- Suescún, R., & Steiner, R. (2017). *Un modelo de equilibrio general dinámico para la evaluación de la política económica en Colombia, Fedesarrollo*. Centro de Investigaciones Económica y Social. <http://hdl.handle.net/11445/3449>
- Tamiz, M., Jones, D., & Romero, C. (1998). Goal programming for decision making: an overview of the current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 111, 569-581. [https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00317-2](https://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00317-2)

Utkovski, Z., Pradier, M.F., Stojkoski, V., Perez-Cruz, F., & Kocarev, L. (2018). Economic complexity unfolded: Interpretable model for the productive structure of economies. *PloS one* 13(8), e0200822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200822>

## ANEXOS

### Variables, índices, parámetros y coeficientes del modelo de programación por metas.

#### Variables de conjuntos:

*S*: Cantidad de escenarios a evaluar en la estructura productiva.

*N*: Cantidad de empresas de los sectores NMDI y MDI que van a recibir *PBS* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

*M*: Cantidad de empresas de los sectores NMDF y MDF que van a transferir parte de su *PBS* a las empresas de los sectores NMDI y MDI.

*R*: Cantidad de variables asociadas a los indicadores del SCN considerados (*PBS*, *CIN*, *VAB*).

#### Índices

*s*: Asociado a los escenarios de evaluación;  $s \in (1, 2 \dots S)$ .

*i*: Asociado a las empresas del sector NMDI y MDI;  $i \in (1, 2 \dots N)$ .

*j*: Asociado a las empresas del sector NMDF y MDF;  $j \in (1, 2 \dots M)$ .

*k*: Relacionado con las variables de desviación asociadas a la *PBS*, *CIN* y *VAB*;  $k \in R$ ;  $R = (1, 2, 3)$ .

#### Variables de decisión

$PI_i^s$ : Variable asociada a los niveles de *PBS* de las empresas de los sectores NMDI y MDI que van a recibir *PBS* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$CI_i^s$ : Variable asociada al *CIN* de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$VI_i^s$ : Variable asociada al *VAB* de las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$PF_j^s$ : Variable asociada a los niveles de *PBS* de las empresas de los sectores NMDF y MDF que va a transferir parte de su *PBS* a las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$CF_j^s$ : Variable asociada al *CIN* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$VF_j^s$ : Variable asociada al *VAB* de las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$H_i^s$ : Variable asociada a la  $PI_i^s$  a recibir en las empresas de los sectores NMDI y MDI.

$L_j^s$ : Variable asociada a la  $PF_j^s$  a transferir desde las empresas de los sectores NMDF y MDF.

$Y_1^S$ : Variable de holgura asociada a la variable  $H_i^S$  que contiene el total de la  $PI_i^S$  a recibir.

$X_1^S$ : Variable de holgura asociada a la variable  $L_j^S$  que contiene el total de la  $PF_j^S$  a transferir.

### **Variables de desviación**

$UI_k^S, NI_k^S$ : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, respecto a los valores meta de las restricciones de las variables  $PI_i, CI_i, VI_i$  asociadas al movimiento total de  $PBS$  a recibir en los sectores NMDI y MDI.

$UF_k^S, NF_k^S$ : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, respecto a los valores meta de las restricciones de las variables  $PF_j^S, CF_j^S, VF_j^S$  asociadas al movimiento de  $PBS$  a transferir de los sectores NMDF y MDF.

$UP_i^S, NP_i^S$ : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, asociadas a las variables  $PI_i^S$  respecto a los valores meta de  $PBS$  por empresa  $i$  de los sectores NMDI y MDI.

$UC_i^S, NC_i^S$ : Desviaciones positivas o negativas, respectivamente, asociadas a las variables  $PI_i^S$  respecto a las metas de capacidades de  $PBS$  disponibles en la empresa  $i$  de los sectores NMDI y MDI.

### **Parámetros y coeficientes del modelo**

$pr_i$ : Cantidad actual de  $PBS$  en valores de la empresa  $i$  de los sectores NMDI y MDI.

$cr_i$ : Importe actual de  $CIN$  de la empresa  $i$  de los sectores NMDI y MDI.

$vr_i$ : Importe actual de  $VAB$  de la empresa  $i$  de los sectores NMDI y MDI.

$cap_i$ : Capacidad actual disponible de  $PBS$  en valores de la empresa  $i$  de los sectores NMDI y MDI.

$pt_j$ : Cantidad actual de  $PBS$  en valores de la empresa  $j$  de los sectores NMDF y MDF.

$ct_j$ : Importe actual de  $CIN$  de la empresa  $j$  de los sectores NMDF y MDF.

$vt_j$ : Importe actual de  $VAB$  de la empresa  $j$  de los sectores NMDF y MDF.

$INPBS^S$ : Índice de  $PBS$  final dispuesto a transferir desde las empresas de los sectores NMDF y MDF hacia las empresas de los sectores NMDI y MDI ( $0 \leq INPBS^S < 1$ ).

$INCS^S$ : Índice de disminución del  $CIN$  a considerar en las empresas  $i$  de los sectores NMDI y MDI ( $0 \leq INCS^S < 1$ ).

$INVAB^S$ : Índice de incremento del  $VAB$  a considerar en las empresas  $i$  de los sectores NMDI y MDI ( $0 \leq INVAB^S < 1$ ).