

Vol. 1 - No. 1 • enero / junio de 2015

ISSN 2390-0725

REVISTA Ciencias Económicas y Administrativas

CEA

Facultad de Ciencias
Económicas y Administrativas

FONDO
EDITORIAL
ITM



Institución Universitaria

REVISTA Ciencias Económicas y Administrativas

CEA

Vol. 1 - No. 1 • enero / junio de 2015
ISSN 2390-0725

**Facultad de Ciencias
Económicas y Administrativas**



Institución Universitaria

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Institución Universitaria. Adscrita al Municipio de Medellín
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Rectora

LUZ MARIELA SORZA ZAPATA

Decana de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

YUDY ELENA GIRALDO PÉREZ

Directora Fondo Editorial ITM

SILVIA INÉS JIMÉNEZ GÓMEZ

Editor

JOSÉ BENJAMÍN GALLEGU ALZATE

Correctora de estilo

LILA CORTÉS FONNEGRA

Corrector texto en inglés

JORGE LARGO

Diseño Gráfico Editorial

JAVIER ERNESTO CASTRILLÓN F.

Diseño de carátula

JAVIER ERNESTO CASTRILLÓN F.

ALFONSO TOBÓN BOTERO

Impresión

Editorial L. Vieco S.A.S

Comité Editorial

SALVADOR ESTRADA RODRÍGUEZ, PhD.

Universidad de Guanajuato, México

FRANCISCO PIUG, PhD.

Universidad de Valencia, España

ILIA VIOLETA CÁZARES GARRIDO, PhD.

Universidad Autónoma de Querétaro, México

PABLO GALASO, PhD.

Universidad de la República, Uruguay

YUDY ELENA GIRALDO PÉREZ, M.Sc.

Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

KARLA CRISTINA ÁLVAREZ URIBE, M.Sc.

Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

JHOANY ALEJANDRO VALENCIA ARIAS, M.Sc.

Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

JOHN FERNANDO LOPERA SIERRA, PhD.

Universidad del Rosario, Colombia

MÓNICA COLIN SALGADO, PhD.

Universidad de Guanajuato, México

VICENTE RAMÓN TORCAL TOMÁS. Licenciado

Suficiencia Investigadora. Universidad de

Valencia, España

JORGE BARRIENTOS, Ph.D.

Universidad de Antioquia, Colombia

ALEJANDRO ANDALRAFT CHACUR, M.Sc.

Pontificia Universidad Católica, Chile

JUAN MANUEL MONTES HINCAPIÉ. PhD.

Universidad de Medellín, Colombia

LUIS CEFERINO FRANCO, M.Sc.

Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

MARÍA DEL SOCORRO LÓPEZ GÓMEZ, PhD.

Universidad de Antioquia, Colombia

GIOVANNI PÉREZ ORTEGA, M.Sc.

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FONDO EDITORIAL ITM

Calle 73 N° 76 A – 354

Medellín – Colombia

rfceyad@itm.edu.co

Tel: (574) 440 53 95 / 440 52 46

Revista CEA Ciencias Económicas y Administrativas / Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas -- Vol.1, No.1 (ene.-jun. 2015).-- Medellín: Fondo Editorial ITM, 2014. 137 p. Semestral ISSN 2390-0725

1. Administración – Publicaciones seriadas 2. Economía – Publicaciones seriadas 3. Publicaciones Universitarias I. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Ciencias económicas y Administrativas.

Catalogación en la publicación – Biblioteca ITM

Sobre la Revista CEA

La *Revista CEA*, editada por la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas del **INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO** (ITM), tiene como objetivo principal difundir el conocimiento por medio de la publicación de artículos que presentan resultados de investigaciones, en los campos de la economía y la administración. Acepta únicamente trabajos originales e inéditos en los idiomas español o inglés. La *Revista CEA* contempla ediciones semestrales publicando cada número en los meses de enero y julio de cada año. Se dirige al público profesional con formación en ciencias sociales y la administración, a nivel nacional e internacional.

Título abreviado: Rev. CEA

Reproducción

La edición impresa de la *Revista CEA* se distribuye de manera gratuita. Se autoriza la reproducción parcial o total de su contenido para fines estrictamente académicos, bajo la salvedad de que se haga mención de la fuente, indicando los autores y el nombre de la revista. El contenido de los artículos publicados es de exclusiva responsabilidad de los autores.

About CEA Journal

The CEA Journal is published by the Faculty of Economics and Administrative Sciences of the **INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO** (ITM). It has the main objective of disseminating knowledge by way of publishing articles concerning research on economics and business administration. The Journal only accepts original and unpublished papers in the English or Spanish languages. The Journal is published in January and July each year. Lastly, it seeks to reach a public from the fields of social sciences and business administration both nationally and internationally.

Abbreviated title: Rev. CEA

Reproduction

The print edition of CEA Journal is distributed free of charge. Its contents can be partially or totally reproduced for strictly academic purposes, however reference should be made of the authors and the journal. The content of the published articles is the exclusive responsibility of the authors.

Contenido

Editorial	9-10
José Benjamín Gallego Alzate	
Desarrollo financiero, acumulación de capital foráneo y pobreza: modelo teórico RBC en economía pequeña abierta	11-21
Gabriel Jaime González Uribe	
Mortalidad en la fuerza laboral colombiana desde el análisis exploratorio de datos espaciales	23-49
Gabriel Alberto Agudelo Torres	
Sistemas de compras públicas para consumo social en establecimientos educativos	51-63
Cindy Encina Galaz	
Sofía Boza Martínez	
Marcos Mora González	
La descentralización en Colombia, ¿realidad o espejismo? Consideraciones sobre la actualidad del proceso	65-74
Jorge Enrique Asela Molina	
Sistema general de regalías: nuevos recursos para la ciencia, tecnología e innovación en Colombia	75-91
Yiseth Marina Becerra Arévalo	
Consumo de energía en la industria del plástico: revisión de estudios realizados	93-107
Carlos Andrés Vargas Isaza	
Juan Carlos Posada Corea	
Leyla Yamile Jaramillo Zapata	
Luis Alberto García	
Costeo basado en actividades – ABC: revisión de literatura	109-119
Alina Marcela Bustamante Salazar	
Solución de problemas de producción en una empresa de manufactura de suelas en León Guanajuato, México	121-130
Christian Arturo Quiroga Juárez	
Jefferson Joao Aguirre Ramírez	
Guía para autores	131-137

Contenido

Editorial	9-10
José Benjamín Gallego Alzate	
Desarrollo financiero, acumulación de capital foráneo y pobreza: modelo teórico RBC en economía pequeña abierta	11-21
Gabriel Jaime González Uribe	
Mortalidad en la fuerza laboral colombiana desde el análisis exploratorio de datos espaciales	23-49
Gabriel Alberto Agudelo Torres	
Modelos de compras públicas para consumo social en establecimientos educacionales	51-63
Cindy Encina Galaz	
Sofía Boza Martínez	
Marcos Mora González	
La descentralización en Colombia, ¿realidad o espejismo? Consideraciones sobre la actualidad del proceso	65-74
Jorge Enrique Asela Molina	
Sistema general de regalías: nuevos recursos para la ciencia, tecnología e innovación en Colombia	75-91
Yiseth Marina Becerra Arévalo	
Consumo de energía en la industria del plástico: revisión de estudios realizados	93-107
Carlos Andrés Vargas Isaza	
Juan Carlos Posada Correa	
Leyla Yamile Jaramillo Zapata	
Luis Alberto García	
Costeo basado en actividades – ABC: revisión de literatura	109-119
Alina Marcela Bustamante Salazar	
Solución de problemas de producción en una empresa de manufactura de suelas en León Guanajuato, México	121-130
Christian Arturo Quiroga Juárez	
Jefferson Joao Aguirre Ramírez	
Guía para autores	131-137

Editorial

La historia de Colombia concerniente a la sistematización de la información de revistas seriadas y especializadas, es relativamente corta. El esfuerzo de sistematización, realizado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), se inicia en los años 1995-1998 cuando se lleva a cabo el proceso de identificación de las revistas científicas colombianas.

Con el Decreto 1279 de junio 19 de 2002, se le asigna a Colciencias la responsabilidad de indexar las publicaciones especializadas en ciencia, tecnología e innovación, realizándose un ajuste al conjunto de requisitos y condiciones que fijaban la calidad científica y editorial de las revistas, como de su visibilidad y estabilidad. Empero, el evento más importante es la generación del Sistema Nacional de Indexación de Publicaciones Seriadas de Ciencia, Tecnología e Innovación constituido por los siguientes elementos que configuran su organización:

- Un repositorio de cada una de las revistas científicas del país, a través de la Base Bibliográfica Nacional (BBN-Publindex)
- Prestar el servicio de indexación con base en criterios de calidad, estabilidad, visibilidad, y condiciones editoriales. Se crea el Índice Bibliográfico Nacional (IBN-Publindex)
- Prestar el servicio de homologación de publicaciones científicas extranjeras.
- Se definen cuatro categorías para las revistas especializadas: A1, A2, B, C.

En los años 2012-2013, y luego de realizar un diagnóstico que posibilitó constatar no solo la poca visibilidad de la mayoría de las revistas integrantes del IBN-Publindex, sino también la carencia de impacto sobre la comunidad internacional (medido por un índice de citación), y el carácter endogámico de éstas, se

lleva a cabo un nuevo ajuste al proceso de indexación y medición de la calidad de las revistas científicas colombianas, explicitándose nuevas condiciones y características que buscan actuar sobre aquellas variables calificadas de deficientes tales como el impacto, la visibilidad y la endogamia de nuestras revistas. Se concluye con:

- El Índice Bibliográfico Nacional se constituye por seis categorías de revista: A1, A2, A3, A4, B, C.
- La clasificación se hará con base en el nivel de impacto de la revista y su especialidad, y de acuerdo con estándares internacionales (dados por índices como IBC, IB, IBCS).
- Se mejoran y ajustan las condiciones y definiciones.

En el documento guía para el servicio permanente de indexación (Colciencias, 2013), y sin ánimo de ser exhaustivo, se especifican las características, los criterios básicos y las condiciones generales de la clasificación de la revista. En particular, y dependiendo de la categoría, para mejorar la visibilidad de las revistas científicas colombianas se exige estar indexada en Bases Bibliográficas con Comité de Selección afín al área temática de la revista y reconocida por Colciencias, o vinculada a un Índice Bibliográfico Citacional o Índice Bibliográfico; el impacto se mide por medio de la ubicación de la revista en algún cuartil de los calculados por el Journal Citation Report (JCR, publicado por Thomson Reuters) o del Scimago Journal Ranking (SJR, calculado desde información contenida en Scopus de Elsevier) y que establecen el ranking de la revista en su conjunto y no a la calidad de un artículo en particular (en el cuartil Q1, por ejemplo, se ubican el 25% de las revistas con mayor prestigio en el mundo, en su especialidad); en la estabilidad, se exige con el cumplimiento de la fecha de publicación según la periodicidad

declarada por la revista (se exige puntualidad en la publicación), y años de experiencia. Por último, la calidad científica, se configura con la publicación de un número mínimo anual de artículos de investigación e innovación, se definen limitaciones a la utilización de árbitros (en número, en obligación de publicar, en nivel de formación doctoral, externos a la entidad editora), al máximo de artículos que se puede publicar por autores vinculados a la entidad editora, condiciones en la constitución y nivel de formación de los integrantes del comité editorial incluidas posibilidades y exigencias de publicación.

Bajo este nuevo modelo de Indexación, nace y hacemos entrega a la comunidad nacional e internacional el primer número de la Revista CEA de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas del INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO de la ciudad de Medellín. El reto es inmenso si se pretende lograr, como se aspira, su indexación en la categoría C en un futuro próximo.

La Revista CEA ha definido como objetivo principal, difundir conocimiento por medio de la publicación de artículos que presentan resultados de investigaciones en los campos disciplinares de la Economía y la Administración. La Revista CEA se dirige al público profesional con formación en Ciencias Sociales y la Administración, “especialmente”, a nivel nacional e internacional. Acepta únicamente trabajos originales e inéditos en los idiomas español o inglés que no estén siendo simultáneamente sometidos a publicación en algún otro medio de divulgación científica; su edición es semestral con convocatoria permanente. Se invita a la comunidad académica y científica nacional e internacional para que con sus contribuciones hagamos sostenible y realidad esta iniciativa de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.

Para terminar, expresamos un sincero agradecimiento a todas y cada una de las personas que hicieron posible la aparición de

este primer número de la Revista CEA. En especial, a aquellos Docentes-Investigadores que movidos por su vocación académica y espíritu de colaboración, aceptaron ser parte de los Comité Editorial y Científico, creyendo en este proyecto. También debemos hacer reconocimiento al grupo de autores y de expertos que evaluaron la calidad académica de los diferentes artículos. Por último, a la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas y su comité de comunicaciones, al Fondo Editorial ITM y, en general, a todas las instancias administrativas que permitieron la materialización de este primer número.

REFERENCIAS

Colciencias (2013). *Indexación de Revistas Seriadas de Ciencia, Tecnología e Innovación Colombianas. Documento Guía*. Bogotá. Recuperado de: <http://www.usergioarboleda.edu.co/civilizar/Gu%C3%ADa-Servicio-Indexaci%C3%B3n-2013.pdf>

José Benjamín Gallego Alzate

M.Sc. Ciencias Económicas
Instituto Tecnológico Metropolitano
Medellín, Colombia
Editor

DESARROLLO FINANCIERO, ACUMULACIÓN DE CAPITAL FORÁNEO Y POBREZA: MODELO TEÓRICO RBC EN ECONOMÍA PEQUEÑA ABIERTA

Financial development, foreign capital accumulation and poverty: a theoretical RBC model for a small open economy

Gabriel Jaime González Uribe

Economista. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. gabrielgonzalez@itm.edu.co

Cómo citar / How to cite

González, G. (2015). Desarrollo financiero, acumulación de capital foráneo y pobreza: Modelo teórico RBC en economía pequeña abierta. *Revista CEA*, 1(1), 11-21.

Recibido: 16 de junio de 2014

Aceptado: 10 de septiembre de 2014

Resumen

La economía mundial se caracteriza por altos niveles de pobreza. Algunos autores han relacionado el desarrollo financiero, entendido como todas aquellas medidas que le permiten al sistema financiero reducir los costos de información y transacción, facilitando la movilización y locación eficiente del capital con los niveles de pobreza de los países. Este artículo utiliza el marco teórico Kollintzas y Vassilatos (2000) para hacer una aproximación desde un modelo simple de Ciclos Económicos Reales (o RBC por sus siglas en inglés), endogeneizando los costos de transacción, relacionándolos con el desarrollo financiero de los países. Los resultados indican que mejoras en el desarrollo financiero afectan las decisiones óptimas de los individuos e incide indirectamente en la remuneración de los factores de producción, entre ellos el trabajo.

Palabras clave: desarrollo financiero, modelos de ciclos económicos reales, reducción de la pobreza.

Abstract

Global economy is characterized by high levels of poverty. Some authors have linked financial development, understood as all those measures that allow the financial system to reduce information and transaction costs, and facilitate the mobilization and efficient location of the capital, to poverty levels of the countries. This paper uses the theoretical framework of Kollintzas and Vassilatos (2000) as a reference for a simple Real Business Cycle (RBC) model endogenizing transaction costs, referring to the financial development of countries. The results show that improvements in financial development affect the optimal decisions of individuals and indirectly affect the remuneration of the factors of production, including labor.

Keywords: financial development, real business cycle models, poverty reduction

1. INTRODUCCIÓN

La economía mundial se caracteriza, en general, por altos niveles de pobreza. Según Beck, Demirguc-Kunt y Levine (2004), en el 2001, unos 2,7 miles de millones de personas en el mundo (más de la mitad de la población mundial en esa época) vivían con menos de \$2 dólares al día, y 1,1 miles de millones de personas vivían con menos de \$1 dólar el día. Si bien en los últimos años ha habido una mejoría de las condiciones de pobreza en el marco mundial, según un estudio del Banco Mundial (World Bank, 2013) aún en 2013 unas 1,2 miles de millones de personas vivían en extrema pobreza.

En los últimos 10 años ha aumentado el número de estudios en el tema del desarrollo financiero o grado de bancarización de los países, y su relación con la pobreza y desigualdad del ingreso.

Por ejemplo, Gill (2006) busca determinar cuál es la relación de causalidad entre alfabetismo financiero, el tipo de empleo y la confianza, en el estatus bancario de las personas de nueve provincias de Sudáfrica. El autor encuentra que el estatus bancario de la persona depende del alfabetismo financiero y del tipo de empleo, pero no de la confianza en el sistema financiero. Esto es, que entre más y mejor sea el conocimiento de la persona del sistema financiero y mejor sea su calidad de empleo, mejor será su estatus bancario.

Por su parte, Medhi, Ratan y Toyama (2009) examinan las diferencias entre los países que adoptan y usan los servicios de banca móvil (m-banking), por personas con bajos niveles educativos y bajos ingresos, y los posibles factores que las explican. Ellos concluyen que el crecimiento en el número de cuentas no está significativamente asociado con la reducción de la línea de pobreza entre los países. Es decir, es probable que no todos los

desarrollos financieros estén asociados a unos menores niveles de la pobreza.

A su vez, Nguyen, Bigman, y Van Den Berg (2007) muestran a través de un modelo econométrico de panel de datos de efectos fijos, cómo las políticas del programa *Vietnam Bank for Social Policies (VBSP)* han sido muy efectivas en su ánimo de combatir la pobreza, pues encuentran que la participación en este programa, en promedio, parece aumentar el ingreso y gastos de los hogares en alrededor de un 30% del valor del préstamo, y un incremento en el tamaño del préstamo tiene un efecto similar. Pese a que un tercio de los préstamos los alcanzan hogares pobres, el programa reduce la incidencia de la pobreza de sus participantes en cerca de cuatro puntos porcentuales. De manera similar, el programa reduce el índice de la brecha de pobreza y el índice de severidad de la pobreza en casi 20%.

Por último, Beck, Demirguc-Kun y Levine (2004) estiman el efecto de desarrollo financiero en los cambios de la distribución del ingreso y el alivio de la pobreza. Estimando un modelo econométrico de regresiones cross-country por el método de los mínimos cuadrados ordinarios, usando variables instrumentales para controlar causalidad inversa y sesgo de simultaneidad, logran establecer que un mayor desarrollo financiero induce a que el ingreso de los pobres crezca más rápido que el PIB per cápita, que la desigualdad del ingreso decrezca más rápido y que las tasas de pobreza decrezcan a una tasa mayor. Además, los resultados se mantienen aun cuando se controla por la tasa promedio de crecimiento de la economía, lo que indica que el desarrollo financiero alivia la pobreza más allá de sus efectos sobre el crecimiento agregado. Esto es, se encuentra que el desarrollo financiero reduce la pobreza al ejercer un efecto desproporcionadamente positivo en los pobres.

El modelo de pequeña economía abierta permite observar los efectos de las políticas económicas y shocks exógenos en los equilibrios interno y externo, así como en las decisiones óptimas que toman los agentes. Es por ello que en este artículo se utilizará este modelo macroeconómico para introducir el efecto del desarrollo financiero en las principales variables macroeconómicas del país, entre ellas la pobreza.

El propósito de este artículo es utilizar el marco teórico propuesto por Kollintzas y Vassilatos (2000) partiendo de una simplificación del mismo, con el fin de endogeneizar los costos de transacción en el modelo, el cual supone el elemento diferenciador de este trabajo con aquel, suponiendo que dichos costos son una función decreciente del desarrollo financiero y, de esta manera, observar cómo se afectan las conclusiones del modelo ante variaciones en el desarrollo financiero de los países.

2. MARCO TEÓRICO

Se parte del marco conceptual descrito en Kollintzas y Vassilatos (2000). En ese artículo, los autores desarrollan un modelo extendido de pequeña economía abierta en el cual vinculan los efectos de los costos de transacción del capital foráneo y los shocks permanentes y transitorios de la política fiscal en las variables macroeconómicas. Nuestro propósito es utilizar ese marco conceptual desde una perspectiva más sencilla, dejando de lado los efectos de la política fiscal, sin vincular crecimiento poblacional ni cambio técnico en el trabajo, pero permitiendo que haya costos de ajustes en el capital privado doméstico y, desde luego, profundizando más en las implicaciones económicas de los costos de transacción, más específicamente, estableciendo cómo el desarrollo financiero vía costos de transacción afectan las

variables de decisión de los agentes en la economía.

A continuación se describe el modelo empleado en Kollintzas and Vassilatos (2000) pero bajo una versión simplificada, y también se describe la modificación que se le hace al mismo en relación a los costos de transacción.

Modelo básico de ciclos económicos reales

Un modelo básico RBC (*Real Business Cycle*) está compuesto por tres tipos de agentes: los hogares que maximizan sus funciones de utilidad y eligen sus cestas óptimas de consumo (y de ocio, en nuestro caso); las firmas que maximizan sus beneficios y determinan los precios a los cuales se remuneran los factores (en este caso, el nivel de salario y la tasa de interés); y el gobierno, que define el nivel de recaudo y de gasto óptimo. En nuestro modelo sencillo se hará abstracción del gobierno, a fin de simplificar el análisis y centrarnos en la influencia del desarrollo financiero en el comportamiento de los hogares en la economía.

A continuación se describirán cada uno de los agentes de la economía, sus funciones a maximizar y sus elecciones óptimas; posteriormente, se describirá la solución del modelo; y finalmente, se detallarán las implicaciones de la inclusión del desarrollo financiero en nuestro modelo, haciendo una comparación con los resultados del modelo RBC básico.

Los hogares

Sea una economía de precios relativos poblada por un gran número de individuos (N) iguales y racionales, cuyas preferencias por consumo y ocio son tales que:

$$U = U(C, L) \quad (1)$$

Donde C es consumo agregado y L es ocio (fracción de tiempo dedicado a actividades de ocio).

Suponga que la forma específica que toma la función de utilidad es del tipo Isoelástica o CRRRA (*Constant Relative Risk Aversion Function*, por sus siglas en inglés) anidada a unas preferencias tipo Cobb-Douglas de modo que:

$$U(C, L) = \frac{(C^\gamma L^{1-\gamma})^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \quad (2)$$

Donde γ es la valoración del consumo para el individuo y $1-\gamma$ la del ocio, teniendo en cuenta que $0 < \gamma < 1$. Y σ es un parámetro de elasticidad de sustitución, si $\sigma \rightarrow 1$ la función de utilidad es logarítmica y si $\sigma \rightarrow 0$ tenemos la clásica función de utilidad Cobb-Douglas.

La firma

Se asumirá un marco de competencia perfecta en la producción de un solo bien final homogéneo Y_t . En su producción se utilizan capital privado K_t^p y trabajo H_t . La tecnología utilizada es de rendimientos constantes a escala, y se supondrá una función de producción neoclásica tipo *Cobb-Douglas* de modo que:

$$Y_t = A_t K_t^{p\alpha} (H_t)^{1-\alpha} \quad (3)$$

Con $A_t > 0$, $\alpha \in (0,1)$.

Donde A_t es la Productividad Total de los Factores (PTF); H_t es la fracción de tiempo dedicada a actividades de trabajo en el período t , es decir,

$$H_t = 1 - L_t \quad (4)$$

α es la participación del capital privado en la producción del bien la cual se supone constante y conocida.

La evolución del capital privado la describe la siguiente ecuación:

$$K_{t+1}^p = \varphi\left(\frac{I_t}{K_t^p}\right) K_t^p + (1-\delta)K_t^p, \text{ con } \delta \in (0,1) \quad (5)$$

Donde I_t es la inversión privada agregada y $\varphi(\cdot)$ es una función que incorpora costos de ajuste internos en la inversión, que cumple que $\varphi'(\cdot) > 0$ y $\varphi''(\cdot) < 0$. Para efectos de este artículo, asumiremos como es usual que la forma específica que toma esta función es la siguiente:

$$\varphi_t = 1 + \frac{\chi}{2} \left(\frac{I_t}{K_t^p}\right)^2 \quad (6)$$

Donde I_t es la inversión privada e igual a:

$$I_t = K_{t+1}^p - K_t^p \quad (7)$$

χ es un parámetro de ajuste positivo, si $\chi = 0$ no habrá costos de ajuste del capital.

Comercio internacional

Aquí es donde los autores se diferencian con otros trabajos como los de Mendoza (1991), Bruno y Portier (1995) y Cardia (1991). En primer lugar, Mendoza (1991) formaliza la hipótesis de pequeña economía abierta endogenizando la tasa de tiempo de las preferencias; por su parte, Bruno y Portier (1995) asumen que los activos foráneos entran negativamente en la función de utilidad; mientras que Cardia (1991) sigue el enfoque de tiempo de vida finito de Blanchard (1985) y Yaari (1965). En este caso, los autores cierran el modelo introduciendo costos de transacción en el sector foráneo (Kollintzas and Vassilatos, 2000, p. 1519). Por lo que la tenencia de activos foráneos de los hogares se describe a partir de la siguiente ecuación:

$$P_t^f \psi(K_t^f, K_{t+1}^f) K_{t+1}^f = K_t^f + X_t + T_t^f \quad (8)$$

Donde,

$$P_t^f = \frac{1}{1 + r_t^*} \quad (9)$$

Y la condición de transversalidad implica que:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} E_0 \left(\prod_{u=0}^t P_u^f \right) K_{t+1}^f = 0 \quad (10)$$

Donde K_t^f son las tenencias netas agregadas de activos foráneos en el periodo t ; X_t son las exportaciones netas en el periodo t ; T_t^f son las transferencias agregadas extranjeras en el periodo t ; r_t^* es la tasa de retorno internacional, e igual a $r_t^* = 1/P_t^f - 1$. Lo que indica que P_t^f es el precio de un activo que entrega una unidad de consumo en el siguiente período ($t+1$) (Kollintzas and Vassilatos, 2000 página 1520).

Los costos de transacción en este modelo se conciben con la inclusión de la función $\psi(\cdot)$, los cuales afectan el precio de los activos foráneos. Se asume que es una función positiva o creciente con el nivel de transacciones. Kollintzas and Vassilatos (2000) consideran la siguiente forma para la función $\psi(\cdot)$:

$$\psi(K_t^f, K_{t+1}^f) = 1 + \frac{\psi}{2} \left(\frac{K_{t+1}^f - K_t^f}{K_t^f} \right)^2 \quad (11)$$

Donde consideran que ψ es una constante positiva, en adelante la nombraremos ψ^* .

Note que en el estado estacionario no hay costos de transacción, ya en el estado estacionario lo que está dentro del paréntesis es cero.

Es aquí donde se modificará el modelo. Pues se supondrá que ψ^* no es ahora una constante sino que es una variable que depende del grado de desarrollo financiero del país (FD_t) en el momento t , de modo que:

$$\psi^* = \psi^*(FD_t)$$

$$\begin{aligned} \psi^{*'}(FD_t) &< 0 \\ \psi^{*''}(FD_t) &> 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Donde el desarrollo financiero FD_t se entenderá en el sentido amplio según Beck, Demirguc-Kun y Levine (2004). Estos autores sugieren que el desarrollo financiero son todas aquellas medidas que le permiten al sistema financiero reducir los costos de información y transacción, y que facilitan la movilización y locación eficiente del capital.

En realidad, es de esperarse que el grado de desarrollo financiero afecte los costos de transacción en otro momento, es decir, que el efecto no sea inmediato sino que de alguna manera exista algún tipo de rezago que describa la dificultad con que la economía asimila el cambio o desarrollo financiero y la interiorice. Sin embargo, para simplificar el análisis se supondrá que el efecto del desarrollo financiero sobre los costos de transacción de los activos foráneos es instantáneo.

La ecuación (12) indica que los costos de transacción son una función decreciente del desarrollo financiero, pero que con cada innovación o desarrollo es más difícil lograr reducir los costos de transacción, es por ello que la segunda derivada es positiva. Gráficamente tenemos lo siguiente:

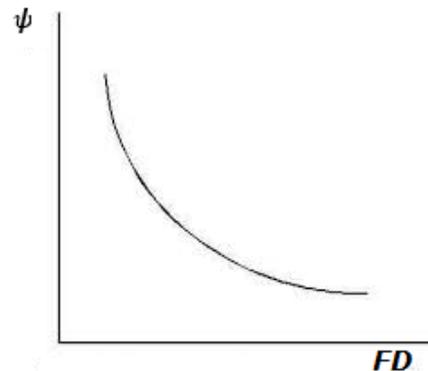


Figura 1. Relación entre el Desarrollo Financiero (FD) y los costos de transacción.

Figure 1. Relationship between Financial Development (FD) and transaction costs.

Fuente: Elaboración propia

Se podría suponer que existe un valor *idiosincrático* de desarrollo financiero, de tal manera que exista heterogeneidad en el grado de este, entre el país local y el resto del mundo (en ese caso la función tomaría una forma similar a $\psi^* = \bar{\psi} + \psi^*(FD_t^i)$, donde $\bar{\psi}$ es un costo de transacción fijo para todos los países, y $\psi^*(FD_t^i)$ es una función del grado de desarrollo financiero del país i en el período t). Sin embargo, para facilitar el análisis solo se supondrá variaciones en t y no en i .

De manera análoga a la forma como se modelan los costos de ajuste, se supondrá que la forma específica de la función de costos de transacción ψ^* es la siguiente:

$$\psi^* = \bar{\psi} + \frac{1}{FD_t} \quad (13)$$

Esta forma funcional permite modelar de manera adecuada la incidencia del desarrollo financiero sobre los costos de transacción en nuestro modelo, pues permite conservar las propiedades deseadas que se describen en la ecuación (11) y en la Figura 1 (ver A.1 APÉNDICE 1).

Por último, las transferencias foráneas se generan de acuerdo con:

$$T_t^f = S_t^f Y_t \quad (14)$$

Donde S_t^f se forma estocásticamente así como A_t , P_t^f y FD_t de acuerdo con la siguiente regla:

$$\ln(A_{t+1}) = (1 - \rho_a) \ln(A) + \rho_a \ln(A_t) + \varepsilon_{t+1}^a \quad (15)$$

$$\ln(S_{t+1}^f) = (1 - \rho_f) \ln(S^f) + \rho_f \ln(S_t^f) + \varepsilon_{t+1}^f \quad (16)$$

$$\ln(P_{t+1}^f) = (1 - \rho_p) \ln(P^f) + \rho_p \ln(P_t^f) + \varepsilon_{t+1}^p \quad (17)$$

$$\ln(FD_{t+1}) = (1 - \rho_d) \ln(FD^d) + \rho_d \ln(FD_t^d) + \varepsilon_{t+1}^d \quad (18)$$

Donde $\varepsilon_{t+1}^a, \varepsilon_{t+1}^p, \varepsilon_{t+1}^f$ y ε_{t+1}^d son shocks estocásticos en las series $A_{t+1}, P_{t+1}^f, S_{t+1}^f$ y FD_t respectivamente, y A, P^f, S^f y FD^d son

las medias de los procesos estocásticos respectivamente.

En esto también se diferencia este artículo con el de Kollintzas and Vassilatos (2000), pues estos autores al considerar exógenos los costos de transacción no generan un proceso estocástico de los mismos, en este caso, dicho proceso está representado por la ecuación (18), la cual genera un proceso estocástico para el desarrollo financiero; y por las ecuaciones (11) y (13) dicho proceso se extiende a los costos de transacción.

El equilibrio competitivo

➤ La firma

El objetivo de la firma es maximizar sus beneficios sujeta a su restricción presupuestaria, utilizando la ecuación (3) y teniendo en cuenta la restricción presupuestaria siguiente:

$$M = P_t^H H_t + P_t^K K_t \quad (19)$$

Donde H_t y K_t son la fracción de tiempo dedicado al trabajo y el capital privado respectivamente; P_t^H y P_t^K son los precios de los factores trabajo y capital, en otras palabras, el salario y el tipo de interés; M es la cantidad de recursos totales disponibles.

Podemos definir la función a maximizar por parte de la firma como:

$$\max [A_t K_t^\alpha H_t^{1-\alpha} - (M - P_t^H H_t - P_t^K K_t)] \quad (20)$$

Sujeto a

$$K_t \geq 0$$

$$0 \leq H_t \leq 1$$

Resolviendo este problema podemos encontrar las condiciones de primer orden respecto al capital y el trabajo respectivamente:

$$p_t^K = \alpha A_t K_t^{p(\alpha-1)} H_t^{1-\alpha} = r_t \quad (21)$$

$$p_t^H = (1 - \alpha) A_t K_t^{p\alpha} H_t^{-\alpha} = w_t \quad (22)$$

➤ *Los hogares*

El hogar representativo maximizará la ecuación (2) sujeto a la siguiente restricción presupuestaria intertemporal:

$$C_t \leq w_t H_t + r_t K_t + T_t^f + K_t^f - \tilde{p}_t^f K_{t+1}^f - I_t \quad (23)$$

Donde,

$$\tilde{p}_t^f = p_t^f \left[1 + \frac{\psi^*(FD_t)}{2} \left(\frac{K_{t+1}^f - K_t^f}{K_t^f} \right)^2 \right] \quad (24)$$

Nuevamente, resolviendo para C_t y para H_t , podemos encontrar las ecuaciones de Euler intertemporal para el consumo e intratemporal para el ocio (Obstfeld and Rogoff, 1996, página 115; Kollintzas and Vassilatos, 2000, página 1523), ver desarrollo matemático en el A.2 APÉNDICE 2.

$$u_c(C_t, 1 - H_t) = \frac{\beta(1 + r_t)}{P_t^f} u_c(C_{t+1}, 1 - H_{t+1}) \omega_t \quad (25)$$

y

$$u_{1-H}(C_t, 1 - H_t) = u_c(C_{t+1}, 1 - H_{t+1}) w_t \quad (26)$$

Donde, haciendo las modificaciones pertinentes,

$$\omega_t = \frac{1 + P_{t+1}^f \psi(\cdot) (K_{t+2}^f / K_{t+1}^f)^2 (K_{t+2}^f - K_{t+1}^f) / K_{t+1}^f}{1 + (\psi(\cdot) / 2) (K_{t+1}^f - K_t^f) / K_t^f + \psi(\cdot) (K_{t+1}^f / K_t^f) (K_{t+1}^f - K_t^f) / K_t^f} \quad (27)$$

O alternativamente,

$$\omega_t = \frac{1 + P_{t+1}^f \psi(\cdot) (K_{t+2}^f / K_{t+1}^f)^2 (i_{t+1}^f)}{1 + (\psi(\cdot) / 2) (i_t^f)^2 + \psi(\cdot) (K_{t+1}^f / K_t^f) (i_t^f)} \quad (28)$$

Donde i_t^f es la inversión foránea por unidad de capital foráneo, esto es:

$$i_t^f = (K_{t+1}^f - K_t^f) / K_t^f \quad (29)$$

Con estas dos condiciones es posible encontrar la senda de evolución del consumo siguiente (ver apéndice A2)

$$C_{t+1} = (\beta)^{\frac{1}{\sigma}} (1 + r)^{1/\sigma} \omega_t^{1/\sigma} \left(\frac{w_t}{w_{t+1}} \right)^{\frac{(1-\gamma)(1-\sigma)}{\sigma}} C_t \quad (30)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde una perspectiva teórica, la metodología de este estudio consiste en comparar los resultados obtenidos en el modelo RBC clásico sin costos de transacción con los obtenidos en este esquema con costos de transacción en el capital foráneo.

La primera diferencia que salta a la vista entre el modelo básico y este esquema está representada en la inclusión de la variable $\psi(\cdot)$ en la ecuación (8). Recordemos que en un modelo sin costos de transacción la variable $\psi = \psi^* = 0$, por lo que en la ecuación (11) $\psi(\cdot) = 1$ y por ende la ecuación (8) toma su forma tradicional. Por tanto, cuanto más grande sea ψ^* más costoso será el capital foráneo en el país doméstico, de manera análoga, entre menor sea ψ^* menos costoso será el capital foráneo. Esto último sucederá siempre que en la ecuación (13) el desarrollo financiero sea mayor, tal y como se muestra en la Fig. 1

Supongamos por el momento que el costo fijo de transacción es igual a cero ($\bar{\psi} = 0$), en este caso, la ecuación (13) la podemos reescribir como:

$$\psi^* = \frac{1}{FD_t} \quad (13')$$

Si tomamos los límites de ψ^* cuando $FD_t \rightarrow +\infty$ y cuando $FD_t \rightarrow 0^+$ obtenemos que:

$$\lim_{FD_t \rightarrow +\infty} \psi^* = 0 \quad \text{y} \quad (31)$$

$$\lim_{FD_t \rightarrow 0^+} \psi^* = \infty$$

Es decir la primera expresión de la ecuación (31) indica que el costo de transacción tiende a cero cuando el grado de desarrollo

financiero de los países es muy avanzado, por su parte, la segunda parte indica que, en la medida en que el grado de desarrollo sea menor, los costos de transacción serán muy altos. Si existen costos fijos de transacción ($\bar{\psi} \neq 0$), el primer límite tenderá a dicho valor y el segundo nuevamente a infinito.

Lo segundo que se debe notar es que, indirectamente, el desarrollo financiero tiene efectos sobre las decisiones óptimas de los individuos, pues en la ecuación (25) se pueden apreciar dos cambios significativos respecto al modelo clásico. El primero de ellos tiene que ver con el factor de descuento utilizado para llevar a valor futuro el consumo presente, en el modelo clásico dicho factor era simplemente $\beta(1+r_t)$, y ahora dicho factor se deflacta por el precio de los activos foráneos, de modo que ahora es $\frac{\beta(1+r_t)}{P_t^f}$.

El segundo cambio importante se debe a la inclusión del término ω_t al final de dicha ecuación. Es precisamente este término el que permite observar cómo el desarrollo financiero a través de los costos de transacción afecta las decisiones óptimas de los agentes. En la ecuaciones (27) y (28), dados K_{t+i}^f y $P_{t+i}^f \forall i = 0,1,2$, se cumple que:

$$\frac{\partial \omega_t}{\partial \psi(\cdot)} = \frac{4P_{t+1}^f \left(\frac{K_{t+2}^f}{K_{t+1}^f}\right)^2 i_{t+1}^f - 2i_t^f \left(i_t^f + 2\frac{K_{t+1}^f}{K_t^f}\right)}{\left[\left(i_t^f\right)^2 \psi(\cdot) + 2i_t^f \psi(\cdot) + 2\right]^2} \quad (32)$$

Con i_t^f definido según la ecuación (29).

Si $i_{t+i}^f < 0$ para $i=0,1$ entonces $\frac{\partial \omega_t}{\partial \psi(\cdot)} < 0$, pero si $i_{t+i}^f > 0$ el signo es ambiguo, pues depende de la diferencia entre los dos términos del numerador.

Si,

$$4P_{t+1}^f \left(\frac{K_{t+2}^f}{K_{t+1}^f}\right)^2 i_{t+1}^f > 2i_t^f \left(i_t^f + 2\frac{K_{t+1}^f}{K_t^f}\right) \rightarrow \frac{\partial \omega_t}{\partial \psi(\cdot)} > 0 \quad (33)$$

Y si,

$$4P_{t+1}^f \left(\frac{K_{t+2}^f}{K_{t+1}^f}\right)^2 i_{t+1}^f < 2i_t^f \left(i_t^f + 2\frac{K_{t+1}^f}{K_t^f}\right) \rightarrow \frac{\partial \omega_t}{\partial \psi(\cdot)} < 0 \quad (34)$$

Para los casos donde $\frac{\partial \omega_t}{\partial \psi(\cdot)} < 0$, ω_t es una función decreciente del costo de transacción $\psi(\cdot)$, o dicho de otra manera, la función ω_t es creciente con el desarrollo financiero. Recuerde que la función de costos de transacción $\psi(\cdot)$ por construcción es decreciente con el nivel de desarrollo financiero, por tanto, cuando la función $\psi(\cdot)$ crece, es porque el desarrollo financiero decrece y viceversa.

Esto significa que los aumentos en el grado de desarrollo financiero de un país provocan que la función ω_t aumente, y por la ecuación (30) aumentos en ω_t provocan aumentos en C_{t+1} , lo que inducirá un aumento en el nivel de producto para que se mantenga el equilibrio de mercado, y por las ecuaciones (21) y (22) habrá un aumento en la remuneración de los factores productivos.

Haciendo unas pequeñas transformaciones podemos reescribir las ecuaciones (21) y (22) así:

$$r_t = \frac{\alpha}{K_t} Y_t ; w_t = \frac{\alpha}{H_t} Y_t$$

De esta manera, es fácil ver que aumentos del producto inducen una mayor remuneración factorial.

Este último efecto es el que permite ligar las mejoras en el desarrollo financiero con las reducciones en la pobreza. Si abstraemos el tema de la desigualdad del ingreso, un aumento en la remuneración de los factores productivos hará que los hogares cuenten con más recursos para satisfacer sus necesidades y por ende la pobreza debe reducirse.

Es preciso aclarar que este mecanismo se hace operativo solo bajo las restricciones que se mencionan, a saber que la deuda del país doméstico con el resto del mundo tienda a disminuir, lo que se ve reflejado en el hecho que $i_{t+i}^f < 0$, además que no existan diferencias significativas en la distribución del ingreso, si existen diferencias

redistributivas muy amplias, de manera que las ganancias en utilidad dado una mayor posibilidad de consumo futuro gracias a los avances en el desarrollo financiero, el efecto del desarrollo sobre la pobreza será menor, o inclusive podría promover más las desigualdades sociales en términos de ingreso.

4. CONCLUSIONES

Este artículo utiliza como base teórica el modelo RBC propuesto por Kollintzas y Vassilatos (2000), con el fin de endogeneizar los costos de transacción en un esquema básico RBC, suponiendo que dichos costos son una función decreciente del desarrollo financiero y, de esta manera, observar cómo se afectan las conclusiones del modelo ante variaciones en el desarrollo financiero de los países.

Lo primero en resaltar es que diversos autores han analizado la incidencia del desarrollo financiero en los niveles de pobreza de los países, algunos encuentran evidencia a favor de que el desarrollo financiero es una herramienta útil para reducir la pobreza (Nguyen, Bigman, y Van den Berg, 2007 y Beck, Demirguc-Kun y Levine, 2004), mientras que otros encuentran que no todo desarrollo financiero permite lograr una mejoría en las condiciones de pobreza (Medhi, Ratan, y Toyama, 2009).

Los resultados del modelo indican que mejorías en el desarrollo financiero afectan las decisiones óptimas de los individuos e incide indirectamente en la remuneración de los factores de producción, entre ellos el trabajo.

Con base en los resultados obtenidos, un mayor desarrollo financiero estimulará el consumo futuro, lo que a su vez aumentará la producción, y de esta manera acrecentará

la remuneración a los factores; dicho incremento permitirá a los hogares tener más recursos para satisfacer sus necesidades futuras y de esta manera reducir la pobreza de los períodos futuros. Todo este mecanismo descansa sobre los supuestos de que la deuda del país doméstico con el resto del mundo tienda a disminuir, y que no existan diferencias significativas en la distribución del ingreso.

REFERENCIAS

- Beck, T., Demirguc-Kunt, A., & Levine, R. (2004, December 1). Finance, inequality and poverty: cross-country evidence. 46.
- Blanchard, O. (1985). Debt, deficits, and finite horizons. *Journal of Political Economy*, 93, 223-247.
- Bruno, C., & Portier, F. (1995). A small open economy RBC model: The French Economy Case. In P. Henin, *Advances in Business Cycle Research With Application to the Federal and US Economies* (pp. 173-194). Berlin: Springer.
- Cardia, E. (1991). The dynamics of a small open economy in response to monetary, fiscal and productivity shocks. *Journal of Monetary Economics*, 28, 411-434.
- Gill, W. (2006, November). The reasons for the low market penetration of banking services in South Africa. 71. Pretoria, South Africa: University of Pretoria.
- Kollintzas, T., & Vassilatos, V. (2000). A small open economy model with transaction costs in foreign capital. *European Economic Review*, 44, 1515-1541.

- Medhi, I., Ratan, A., & Toyama, K. (2009). Mobile-Banking Adoption and Usage by Low-Literate, Low-Income Users in the Developing World. (S.-V. B. Heidelberg, Ed.) *Internacionalization, Design*, 485-494.
- Mendoza, E. (1991). Real business cycles in a small open economy. *American Economic Review*, 81, 797-840.
- Nguyen, C., Bigman, D., & Van den Berg, M. (2007, August 23). Impact of micro credit on poverty and inequality: The Case of The Vietnam Bank for Social Policies. *MPRA Munich Personal RePEc Archive*, 21.
- World Bank. (2013). *Remarkable Declines in Global Poverty, But Major Challenges Remain*. Retrieved April 7, 2014, from <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2013/04/17/remarkable-declines-in-global-poverty-but-major-challenges-remain>
- Yaari, M. (1965). Uncertain lifetime, life insurance, and the theory of the consumer. *Review of Economic Studies*, 32, 137-150.

A.1 APÉNDICE 1

Sobre la endogeneización de los costos de transacción a través de la ecuación (13).

De la ecuación (11) se tiene que:

$$\psi(K_t^f, K_{t+1}^f) = 1 + \frac{\psi}{2} \left(\frac{K_{t+1}^f - K_t^f \gamma_n \gamma_z}{K_t^f} \right)^2$$

Reemplazando la ecuación (13) en la anterior expresión obtenemos lo siguiente:

$$\psi(K_t^f, K_{t+1}^f) = 1 + \frac{FD_t \bar{\psi} + 1}{2FD_t} \left(\frac{K_{t+1}^f - K_t^f \gamma_n \gamma_z}{K_t^f} \right)^2$$

Tomando primera y segunda derivada respecto a FD_t en esta ecuación obtenemos lo siguiente:

$$\frac{\delta \psi(\cdot)}{\delta FD_t} = -\frac{1}{2FD_t^2} \left(\frac{K_{t+1}^f - K_t^f \gamma_n \gamma_z}{K_t^f} \right)^2 < 0$$

$$\frac{\delta^2 \psi(\cdot)}{\delta FD_t^2} = \frac{1}{FD_t} \left(\frac{K_{t+1}^f - K_t^f \gamma_n \gamma_z}{K_t^f} \right)^2 > 0$$

Esto quiere decir que, un aumento en el desarrollo financiero de los países hará que los costos de transacción del capital foráneo se reduzcan, pero que con cada innovación en el sistema financiero que mejora su nivel de desarrollo, dichos costos se reduzcan en menor medida, indicando que cada vez es más difícil reducir los costos con nuevos desarrollos. O leído desde otra perspectiva, cada desarrollo financiero es más difícil de lograr.

A.2 APÉNDICE 2

El problema de los hogares es maximizar la función de utilidad intertemporal siguiente:

$$U_t = \sum_{s=t}^{\infty} \beta^{s-t} u(C_s, 1 - H_s)$$

Sujeto a la restricción intertemporal:

$$\sum_{s=t}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r} \right)^{s-t} C_s = (1+r)Q_t + \sum_{s=t}^{\infty} \left(\frac{1}{1+r} \right)^{s-t} (Y_s - I_s)$$

Tomando la primera derivada con respecto al consumo se obtiene la ecuación de Euler (25), la cual suponiendo una función de utilidad como la descrita en la ecuación (2) se puede reescribir así:

$$[c_t^\sigma (1-H_t)^{1-\gamma}]^{-\sigma} c_t^{-1} (1-H_t)^{1-\gamma} = (1+r)\beta [c_{t-1}^\sigma (1-H_{t-1})^{1-\gamma}]^{-\sigma} c_{t-1}^{-1} (1-H_{t-1})^{1-\gamma} \omega_t$$

A su vez, tomando primera derivada con respecto al ocio se obtiene la ecuación (26), la cual suponiendo la misma función de utilidad y organizando términos se obtiene la siguiente ecuación de Euler intratemporal para el ocio:

$$1 - H_t = \frac{1-\gamma}{\gamma w_t} C_t$$

Ahora, reemplazando esta condición en la ecuación de Euler para el ocio se puede mostrar que la senda que describe la evolución intertemporal del consumo es la siguiente:

$$C_{t+1} = (\beta)^{\frac{1}{\sigma}} (1+r)^{1/\sigma} \omega_t^{1/\sigma} \left(\frac{w_t}{w_{t+1}} \right)^{\frac{(1-\gamma)(1-\sigma)}{\sigma}} C_t$$

MORTALIDAD EN LA FUERZA LABORAL COLOMBIANA DESDE EL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS ESPACIALES

Mortality in colombian workforce from exploratory analysis of spatial data

Gabriel Alberto Agudelo Torres

Magíster en Matemáticas Aplicadas. Instituto Tecnológico Metropolitano. albertoagudelo@itm.edu.co

Cómo citar /How to cite

Agudelo Torres, G. A. (2015). Mortalidad en la fuerza laboral colombiana desde el análisis exploratorio de datos espaciales. *Revista CEA*, 1(1), 23-49.

Recibido: 22 de abril de 2014

Aceptado: 29 de julio de 2014

Resumen

Colombia perdió parte de su fuerza laboral por fallecimientos en el año 2011; las dos principales causas de esto son: los homicidios y sus secuelas, y las enfermedades isquémicas del corazón. Dichas causas de mortalidad presentan el fenómeno llamado dependencia espacial. Cuando el fenómeno de dependencia espacial está presente es posible utilizar técnicas como el análisis exploratorio de datos espaciales para determinar la localización geográfica que deben tener las políticas de seguridad y salud pública, en aras de disminuir la pérdida de capital humano por estos conceptos, maximizando, además, su efecto en las regiones vecinas.

En este artículo se cuantifica la interacción regional en el comportamiento de las tasas de defunción de personas en edad laboral. Se concluye que para el caso de los homicidios y sus secuelas, el norte de Antioquia y sur de Córdoba, Valle del Cauca y sus municipios vecinos, algunos otros del Cauca y Nariño, deben ser intervenidos con políticas integrales de seguridad. En cuanto a las enfermedades isquémicas del corazón, la intervención debe focalizarse en varias subregiones del país, teniendo presente que en el centro no solo debe atacarse este tipo de enfermedad sino también las enfermedades hipertensivas y las cerebrovasculares, pues estas tienen una alta influencia en las isquémicas del corazón.

Palabras clave: mortalidad, fuerza laboral, datos espaciales, homicidios, enfermedad isquémica del corazón.

Abstract

The two main reasons why Colombia lost part of its workforce due to deaths in 2011 are: murder and its aftermath and ischemic heart disease. These causes have the phenomenon called spatial dependence. When the phenomenon of spatial dependence is present it is possible to use techniques such as exploratory spatial data analysis to determine the geographical location which security and public health policies should have in order to reduce the loss of human capital for these reasons, while maximizing effect on neighboring regions.

This article quantifies regional interaction in the behavior of the death rates of people of working age. It is concluded that, in the case of the murders and their aftermath, northern Antioquia and southern Córdoba, Valle del Cauca and neighboring municipalities and some municipalities of Cauca and Nariño should be intervened with comprehensive security policies. As for ischemic heart disease, intervention should focus on several subregions of the country, bearing in mind that in the center of the country should be considered not only this type of disease, but also hypertensive and cerebrovascular diseases as these have a high influence in the ischemic heart disease.

Keywords: mortality, workforce, spatial data, homicide, ischemic heart disease.

1. INTRODUCCIÓN

Para definir la fuerza laboral (o fuerza de trabajo) puede utilizarse el clásico Diccionario de Economía Política de Borísov, Zhamin y Makárova, el cual indica que es la capacidad de los habitantes para trabajar o el conjunto de fuerzas físicas y espirituales de las cuales su población dispone y que utiliza en el proceso de producción de los bienes materiales (Borísov, et al., 1966, p. 106). Una definición más práctica y acorde con nuestros tiempos puede ser: población económicamente activa, la cual se especifica formalmente como el conjunto de personas en edad de trabajar que trabajan o están buscando empleo.

La pérdida de esta fuerza laboral representa la reducción de la capacidad productiva total de un país, más, cuando se trata de personas con edades que llamaremos en adelante «edades laborales» y que para efecto de este artículo están entre los 15 y los 64 años de edad (si bien en Colombia la mayoría de edad se alcanza a los 18 años, la Ley 1098 de 2006 habilita a los mayores de 15 años para trabajar, siempre y cuando se cumplan algunas condiciones especiales tales como: contar con autorización por parte del Inspector de Trabajo o Ente Territorial Local, jornada diurna máxima de 6 horas diarias, entre otras). Dicha pérdida puede corresponder a mortalidad o invalidez en un grado considerable, producto de accidentes o enfermedades.

Para el caso colombiano, en el 2011 perdieron la vida 70.233 personas en edad laboral (personas entre los 15 y los 64 años), de estos, el 21,37% falleció por agresiones (homicidios) o por secuelas derivadas de estas, siendo la principal causa de mortalidad entre esa población. El 8,97% falleció debido a enfermedades isquémicas del corazón, siendo la segunda causa de muerte y la primera en el caso de las enfermedades. El 69,66% restante falleció por diversas enfermedades o accidentes, que

individualmente representan menos del 7% del total de muertes en esa población (cálculos propios).

Este artículo se centra entonces en las dos principales causas de pérdida de fuerza laboral en Colombia producto de fallecimientos: los homicidios y sus secuelas y las enfermedades isquémicas del corazón.

Uno de los objetivos de las políticas públicas es reducir la mortalidad de la población, lo cual incidiría positivamente en los indicadores de calidad de vida. En la medida en que se profundice en las causas de dicha mortalidad y en los efectos agregados que puede producir la implementación de programas especiales de atención en salud en zonas específicas del país, más eficiente será la asignación de recursos que los gobiernos destinan a estos rubros.

2. MARCO TEÓRICO

El análisis exploratorio de datos espaciales es una técnica aún poco utilizada entre los investigadores, al momento de poner en práctica la estadística descriptiva; esto a pesar del creciente interés por una rama de la econometría surgida en los años 40 llamada econometría espacial y cuyo desarrollo fue opacado hasta los años 80 por la econometría financiera, impulsada por Box y Jenkins a través de su obra *Time series analysis. Forecasting and control* (Agudelo, 2010, p. 5). Utilizar este tipo de econometría requiere demostrar en forma previa que la variable endógena contiene en sí misma un efecto denominado «dependencia espacial».

La dependencia espacial es el fenómeno que «surge siempre que el valor de una variable en un lugar del espacio está relacionado con su valor en otro u otros lugares del espacio» (Moreno y Vayá, 2000, p. 13). Detectar este fenómeno solo es posible si cada observación de la muestra o población tiene implícita la ubicación espacial de la misma,

en cuyo caso dichas observaciones se denominan «datos espaciales».

En este contexto, el análisis espacial de las causas por las cuales Colombia pierde capital humano en su fuerza laboral, debido al fallecimiento del trabajador, cobra sentido pues factores económicos, alimenticios, culturales, entre otros, hacen que exista la posibilidad de dependencia espacial en las tasas de mortalidad de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en las mismas condiciones. De ser validada dicha hipótesis, su uso sería necesario en el análisis exploratorio.

Los datos utilizados para el presente artículo corresponden al número de fallecidos en edad laboral (personas entre los 15 y los 64 años) durante el año 2011, por causa y municipio donde se registró dicho suceso, y a la proyección de población realizada por el DANE para ese año. Los primeros se extrajeron de los registros de los certificados individuales de defunción, consolidados en las bases de mortalidad del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2012, p. 29).

Mediante la siguiente fórmula, se calculó la tasa de defunción de personas en edad laboral por cada 10.000 habitantes en la misma condición para cada municipio y causa de defunción. Dicha causa de defunción corresponde a diferentes grupos de enfermedades y sucesos agrupados, tal como se describe en la décima versión de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10), publicada por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 1990).

$$Tasa\ de\ defunción_{M,c} = \frac{F_{M,c} * 10000}{Población_M}$$

Donde:

Tasa de defunción_{M,c}: Tasa de defunción de personas en edad laboral por cada 10.000 habitantes, en la misma condición para cada municipio *M* y la causa de defunción *c*.

F_{M,c}: Número de personas fallecidas en el municipio *M* por la causa de defunción *c*.

Población_M: Población del municipio *M*.

Utilizando dichas tasas de defunción se detectaron comportamientos atípicos en algunos municipios del país, se calculó la interacción espacial entre esas unidades espaciales y se determinó si esta interacción produce altas o bajas tasas de mortalidad en regiones vecinas. Adicionalmente, para el caso de las enfermedades isquémicas del corazón, se analizó la relación espacial existente con otras enfermedades relacionadas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo de los cálculos descritos, se obtuvo la tasa total de defunción de personas en edad laboral por municipio, encontrando 11 de ellos en el percentil 99 (Ver Fig. 1). Dichos municipios se encuentran distantes el uno del otro, excepto los pertenecientes al Departamento del Valle del Cauca, donde Argelia, El Dovio, La Victoria y Caicedonia tienen fronteras en común (llamada contigüidad grado 1) o se interpone un solo municipio entre ellos (llamada contigüidad grado 2). Este hecho puede ser indicativo de la presencia de dependencia espacial entre dichos municipios.

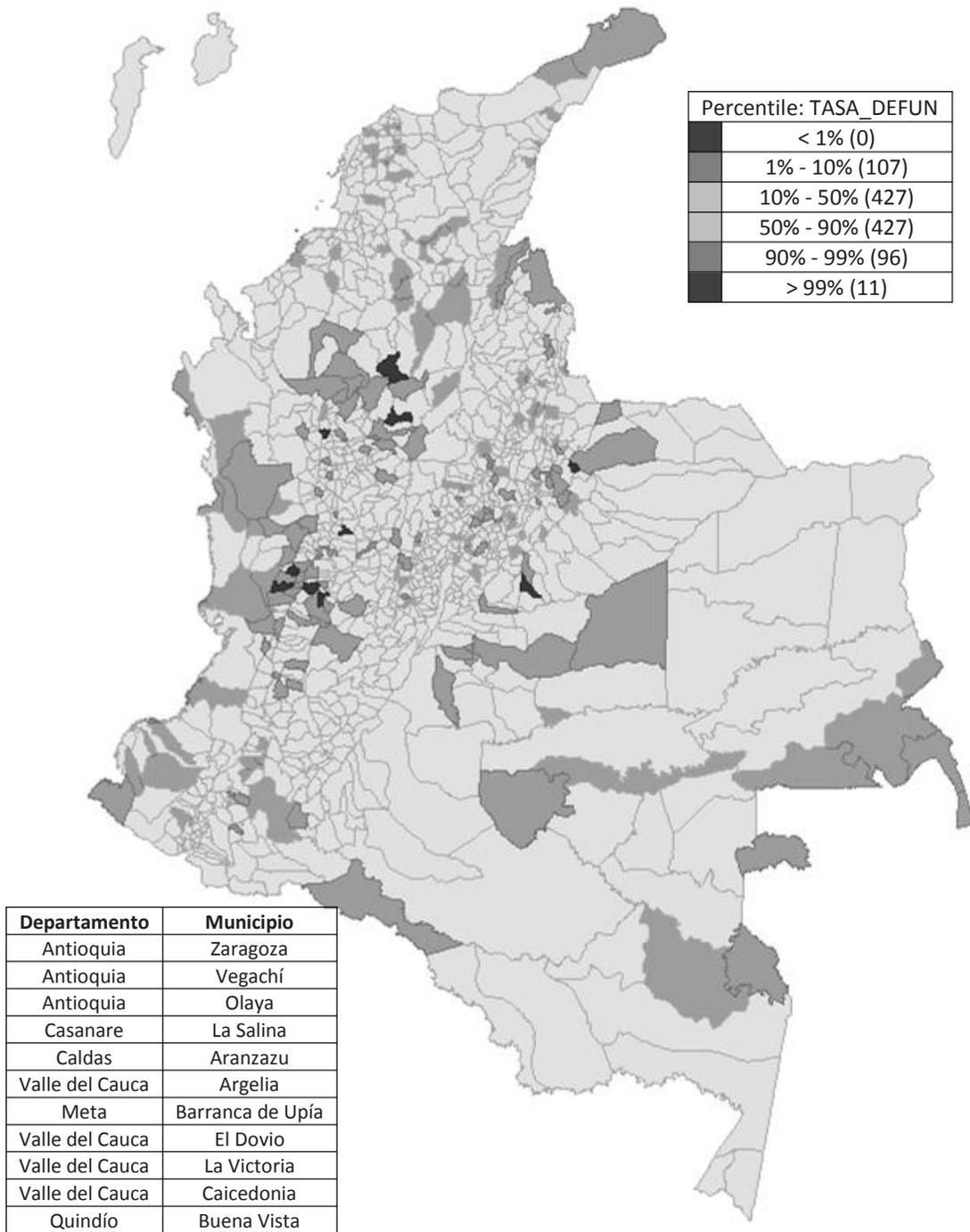


Figura 1. Distribución por municipios de la tasa de defunción de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición agrupados por percentiles. En la tabla, municipios pertenecientes al percentil 99 según la definición usual de cuantil (Wackerly, Mendenhal y Scheaffer, 2010, p. 164).

Figure 1. Distribution by municipalities of the rate of death for people between 15 and 64 per 10,000 in the same condition grouped by percentiles. In the table, municipalities in the 99th percentile according to the usual definition of quantile (Wackerly, and Scheaffer Mendenhal, 2010, p. 164).

Tal como lo indica la teoría del análisis exploratorio, el hecho de tener una observación en un cuantil determinado no es indicativo de la presencia de datos atípicos o datos extremos dentro de la muestra. De existir dichos datos en muestras de carácter espacial, es posible individualizarlos utilizando los cálculos propuestos por Hendra (Hendra y Staum, 2010, p. 3). Dichos cálculos se describen a continuación:

$$(1) \begin{aligned} \text{Dato atípico superior} &\geq Q_3 + 1.5 * (Q_3 - Q_1) \\ \text{Dato atípico inferior} &\leq Q_1 - 1.5 * (Q_3 - Q_1) \\ \text{Dato extremo superior} &\geq Q_3 + 3 * (Q_3 - Q_1) \\ \text{Dato extremo inferior} &\leq Q_1 - 3 * (Q_3 - Q_1) \end{aligned}$$

Donde Q_1 y Q_3 representan los cuartiles 1 y 3 de la muestra respectivamente.

Como se observa en la Fig. 2, el municipio de Abriaquí (Antioquia) si bien no pertenece al percentil 99, es un dato atípico superior a nivel país, pues su tasa de mortalidad en personas en edad laboral supera el umbral a partir del cual puede ser catalogado de esa forma. Los demás municipios identificados como atípicos superiores corresponden a los mismos ubicados en el percentil 99. Datos atípicos inferiores no se encontraron en la muestra

En cuanto a datos extremos (Ver Fig. 3), La Salina (Casanare) posee un nivel de mortalidad extremadamente alto comparado

con la distribución del resto de las observaciones, llegando a niveles de 95,01 personas entre los 15 y los 65 años fallecidas por cada 10.000 habitantes en iguales condiciones. Este hecho es particularmente preocupante, pues los dos municipios que le siguen se ubican en un rango entre tasas del 68,4 y 72,2 (Zaragoza en Antioquia y Barranca de Upía en Meta).

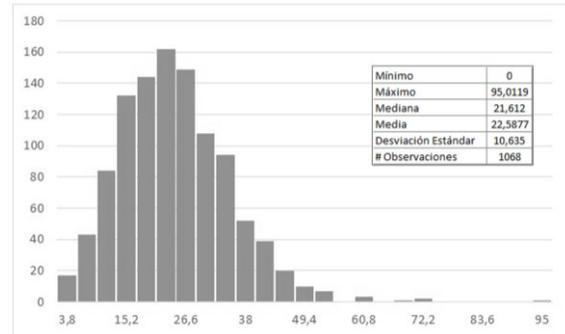


Figura 4. Distribución de frecuencia de la tasa de defunción de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición.

Figure 4. Frequency distribution of the rate of death for people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition.

Al tener esta distribución una cola larga a la derecha, como se observa en la Fig. 4, es de esperarse que los municipios que confirman dicha cola se desvíen mucho de la media de 22,59 fallecidos por cada 10.000 habitantes.

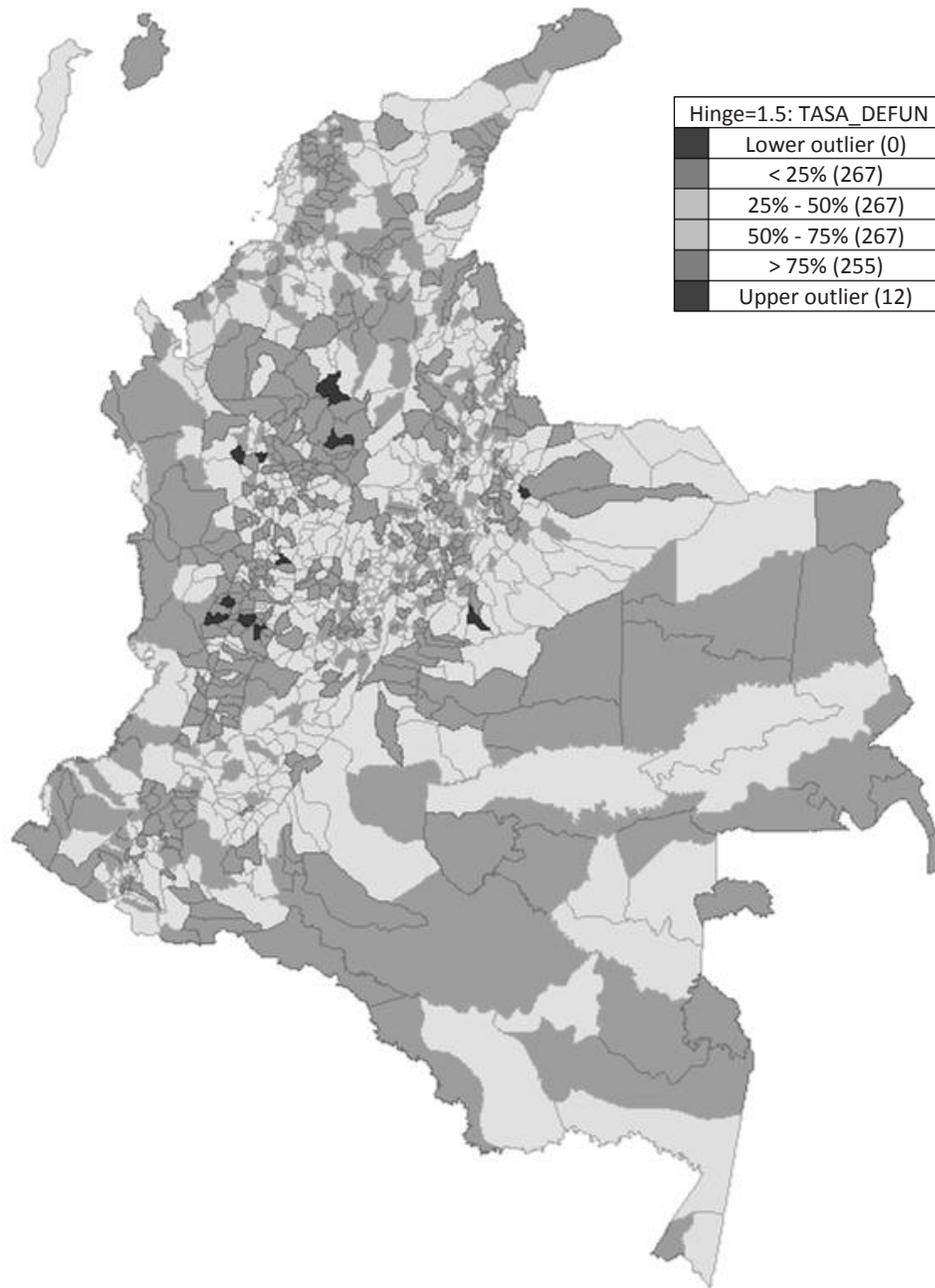


Figura 2. Distribución por municipios de la tasa de defunción de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición agrupados por cuartiles y clasificados como datos atípicos o no atípicos. En la tabla adjunta, municipios catalogados como datos atípicos superiores según cálculos propuestos por Hendra (Hendra y Staum, 2010, p. 3).

Figure 2. Distribution by municipalities of the rate of death for people between 15 and 64 per 10,000 in the same condition grouped by quartiles and classified as outliers or not outliers. In the table below, municipalities classified as upper outliers according to calculation proposed by Hendra (Hendra and Staum, 2010, p. 3).

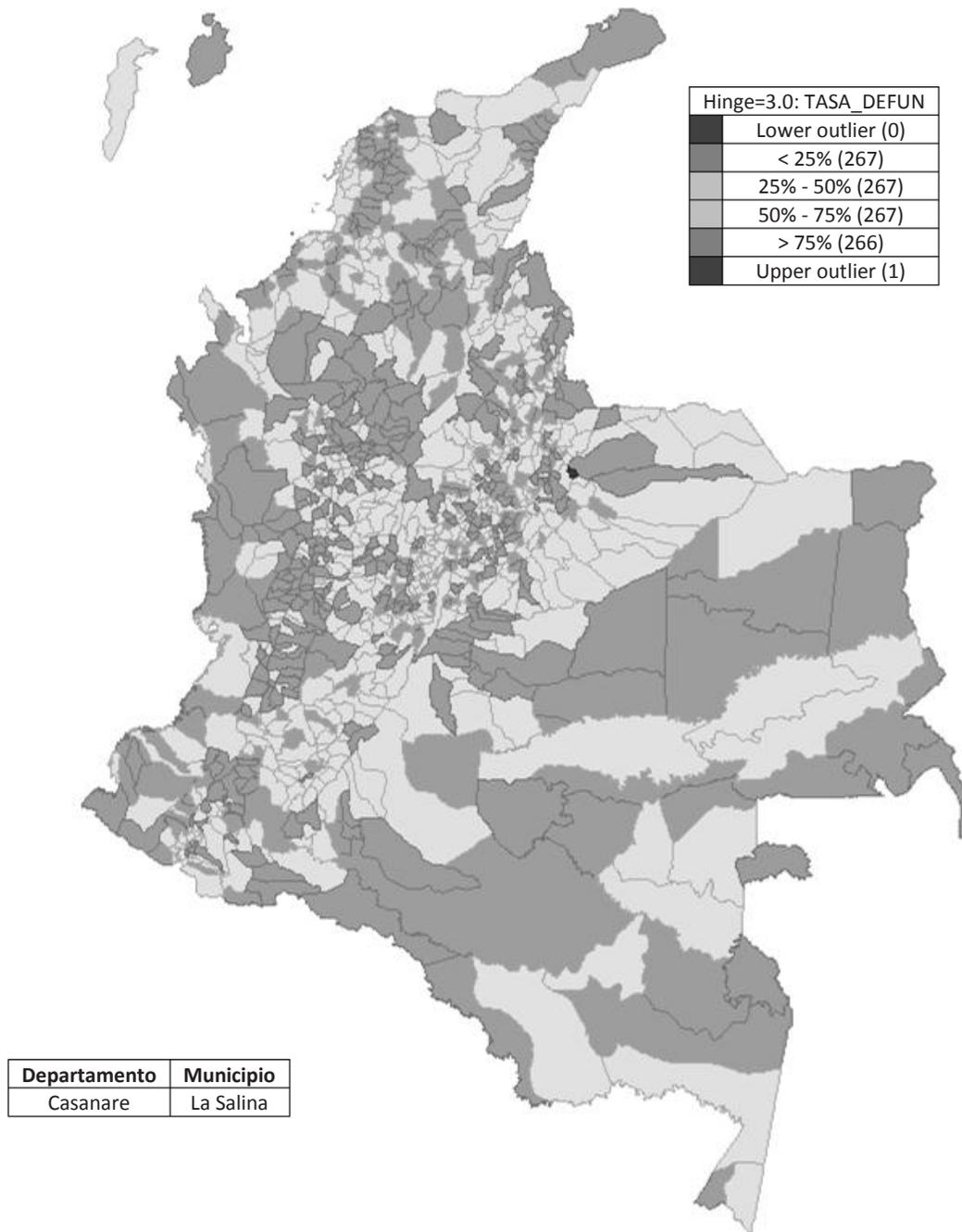
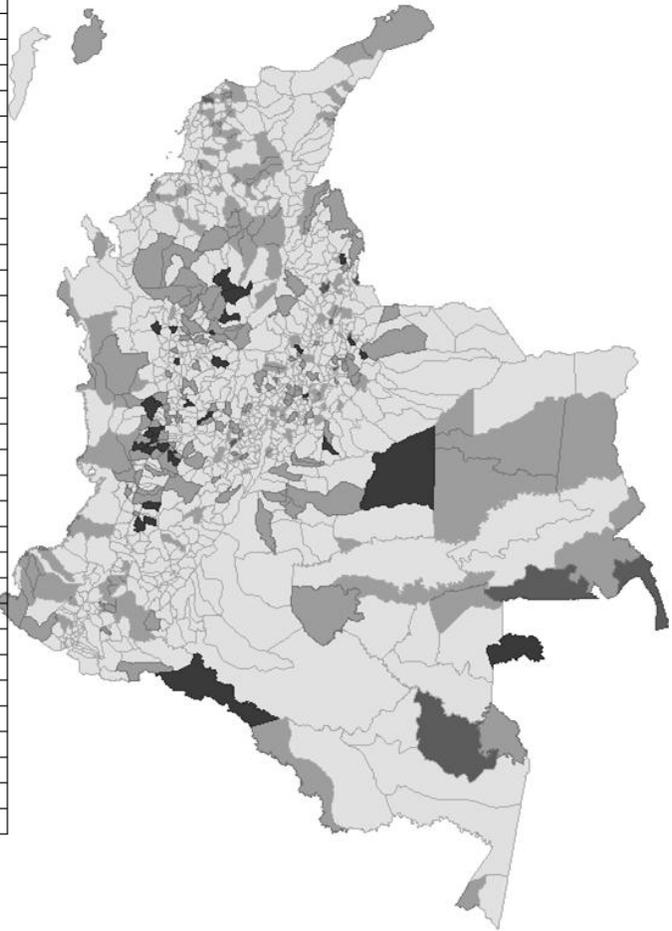


Figura 3. Distribución por municipios de la tasa de defunción de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10000 habitantes en la misma condición agrupados por cuartiles y clasificados como datos extremos o no extremos. En la tabla adjunta, municipio catalogado como dato extremo superior según cálculos propuestos por Hendra (Hendra y Staum, 2010, p. 3).

Figure 3. Distribution by municipalities of the rate of death for people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition grouped by quartiles and classified as extreme or not extreme. In the table below, municipality listed as upper extreme data according to calculation proposed by Hendra (Hendra and Staum, 2010, p. 3).

Departamento	Municipio	Tasa de Defunción
Norte de Santander	Santiago	47.22550
Antioquia	Zaragoza	68.44777
Antioquia	Segovia	44.56548
Antioquia	Vegachí	57.82256
Antioquia	Abriaquí	50.72923
Antioquia	Olaya	52.52101
Antioquia	Cisneros	48.65772
Boyacá	San Mateo	50.54760
Santander	El Guacamayo	45.11278
Casanare	La Salina	95.01188
Antioquia	San Luis	46.54545
Antioquia	Amagá	45.01367
Boyacá	Boyacá	46.118117
Risaralda	Pueblo Rico	46.38088
Caldas	Aranzazu	52.36973
Tolima	Casablanca	49.61021
Valle del Cauca	Ansermanuevo	46.68534
Meta	Puerto Gaitán	46.77907
Valle del Cauca	Argelia	60.34275
Valle del Cauca	Toro	43.98547
Meta	Barranca de Upía	69.31608
Valle del Cauca	El Dovio	58.72194
Valle del Cauca	La Victoria	51.67674
Valle del Cauca	Roldanillo	45.50524
Valle del Cauca	Caicedonia	50.96487
Quindío	Buenavista	67.07947
Quindío	Génova	44.33624
Valle del Cauca	Pradera	46.00909
Cauca	Corinto	45.40710
Cauca	Caloto	47.95954
Vaupés	Yavarate	43.98827
Putumayo	Puerto Leguízamo	49.27658

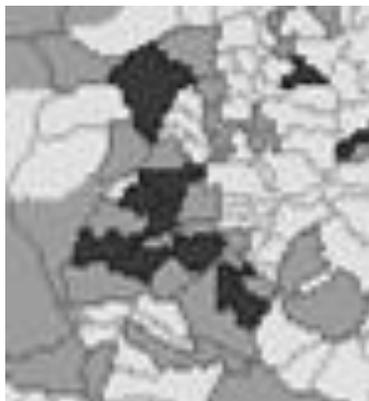


Standard Deviation: TASA_DEFUN	
	< 1.32 (14)
	1.32 – 12 (141)
	12 – 22.5877 (413)
	22.5877 – 33.2 (347)
	33.2 – 43.9 (121)
	> 43.9 (32)

Figura 5. Distribución por municipios de la tasa de defunción de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por cantidad de desviaciones estándar. En la tabla, municipios que se desvían 43,9 fallecidos en promedio con respecto a la media de 22,59 que se muestra en la Figura 4.

Figure 5. Distribution by municipalities of the rate of death for people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by number of standard deviations. In the table, municipalities whose deviation on average is 43.9 deceased with respect to the mean of 22.59 as is shown in Figure 4.

Como resultado, se observan 32 municipios que aportan cada uno en promedio 43,9 personas fallecidas por cada 10.000 habitantes por encima de la media nacional de 22,59. La Fig. 5 indica que dichos municipios se ubican principalmente en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca, siendo los del segundo grado de contigüidad con Pueblo Rico (Risaralda), Buenavista (Quindío) y Génova (Quindío), conformando así una subregión de alta siniestralidad que se detalla en la Fig. 6 y cuyas causas de existencia se explicarán más adelante.



Departamento	Municipio
Risaralda	Pueblo Rico
Valle del Cauca	Ansermanuevo
Valle del Cauca	Argelia
Valle del Cauca	Toro
Valle del Cauca	El Dovio
Valle del Cauca	La Victoria
Valle del Cauca	Roldanillo
Valle del Cauca	Caicedonia
Quindío	Buenavista
Quindío	Génova

Figura 6. Distribución por municipios del Valle del Cauca, Risaralda y Quindío de la tasa de defunción de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por cantidad de desviaciones estándar. En la tabla adjunta, detalle de los municipios que conforman dicha región.

Figure 6. Distribution by municipality of Valle del Cauca, Risaralda and Quindio of the rate of death for

people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by number of standard deviations. In the table below, details of the municipalities of the region.

Las causales de defunción que más afectan a estos 32 municipios son codificadas según la CIE-10, el homicidio y sus secuelas (causal 5.12) y las enfermedades isquémicas del corazón (causal 3.03). Estas causales coinciden perfectamente con las dos causales de fallecimiento que más inciden en la pérdida de fuerza laboral en Colombia y que reúnen el 30,4% del total de defunciones (homicidio y sus secuelas 21,4% y enfermedades isquémicas del corazón 9%).

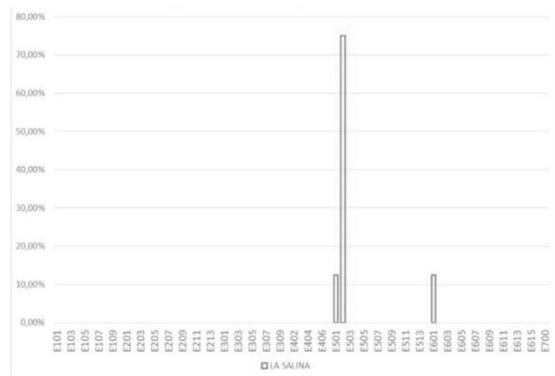


Figura 7. Porcentaje de fallecimientos de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10000 habitantes en la misma condición, por causal de defunción en el municipio de La Salina (Casanare).

Figure 7. Percentage of deaths of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, for cause of death in the municipality La Salina (Casanare).

El análisis por causales de defunción por municipio (Ver Fig. 7) entrega un dato particular para el municipio de La Salina (Casanare) donde el 87,5% de los fallecimientos se producen por accidentes de transporte terrestre y por otros accidentes de transporte (causales 5.01 y 5.02). Si bien la tasa es alta, se debe tener presente que la escasa población entre 15 y 64 años de ese municipio (aproximadamente 842 personas) hace que los 6 fallecidos en accidentes de transporte terrestre y los 2 en otros

accidentes de transporte constituyan ese porcentaje tan alto.

Analizar, entonces, las causas de mortalidad en la población colombiana entre 15 y 64 años debería comenzar por las dos causas que representan cerca de la tercera parte de los fallecimientos. Dichas causales se analizan a continuación.

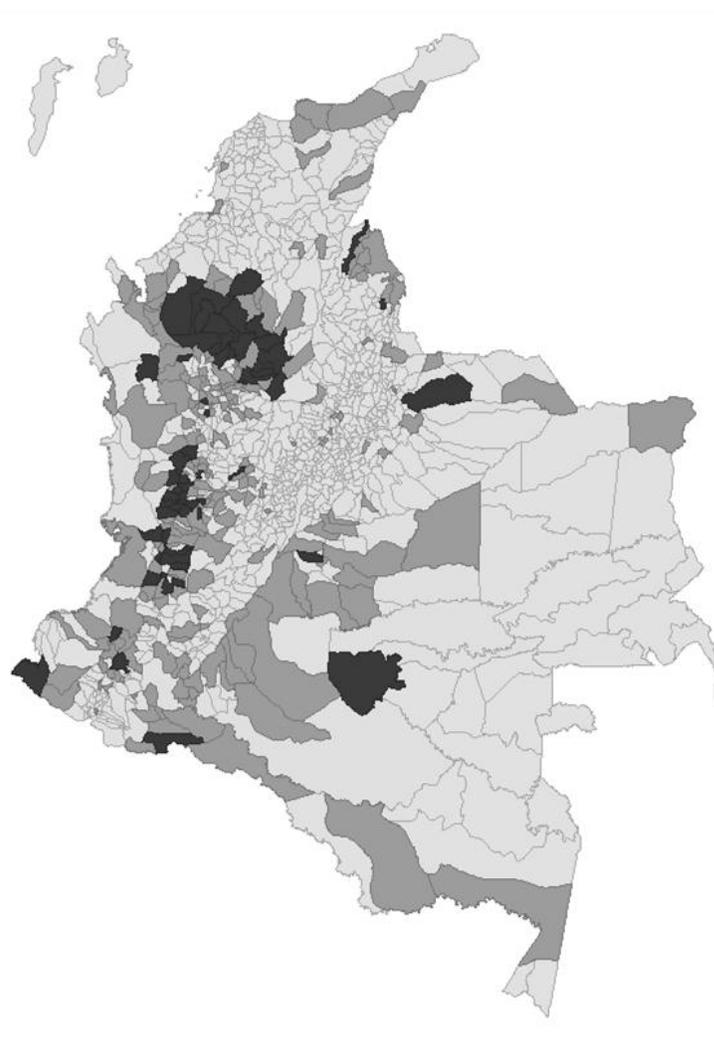
Causal 5.12 Agresiones homicidio, inclusive secuelas

La distribución espacial de los homicidios en Colombia ha sido un tema ampliamente estudiado en nuestro país, pues es la dimensión natural en la que debe ser estudiada esta variable; sin embargo, aún quedan preguntas por resolver en cuanto a la dependencia espacial que se presenta en este tipo de fenómenos y cuáles deberían ser los focos de actuación para atacar este problema.

Inicialmente se pueden observar datos atípicos en ciertas regiones colombianas conformadas por municipios vecinos (Ver Fig. 8), lo cual supone algún grado de dependencia inicialmente se pueden observar datos atípicos en ciertas regiones colombianas conformadas por municipios vecinos (Ver Fig. 8), lo cual supone algún grado de dependencia espacial que debe ser probado. Probar dicha dependencia espacial implica la posibilidad de maximizar los recursos tendientes a reducir las tasas de homicidios en la fuerza laboral colombiana concentrándolos en ciertos municipios para proveer el máximo beneficio.

Los datos extremos (Ver Fig. 9) proporcionan una alerta a las autoridades sobre la necesidad de implementar planes de choque en dichos municipios para tratar de llevar a estas poblaciones a unos niveles considerados «normales» dentro del comportamiento nacional.

Departamento	Municipio
Norte de Santander	Convención
Córdoba	Ayapel
Córdoba	Tierralta
Córdoba	Montelíbano
Antioquia	Cáceres
Córdoba	Puerto Libertador
Norte de Santander	Santiago
Antioquia	Tarazá
Antioquia	Zaragoza
Antioquia	Segovia
Antioquia	Anorí
Antioquia	Valdivia
Antioquia	Ituango
Antioquia	Remedios
Antioquia	Yarumal
Antioquia	Briceño
Antioquia	Campamento
Antioquia	Uramita
Antioquia	Murindó
Antioquia	Vegachí
Antioquia	Yolombó
Antioquia	Yali
Antioquia	Puerto Berrío
Arauca	Tame
Antioquia	Cisneros
Antioquia	Heliconia
Antioquia	Amagá
Risaralda	Mistrató
Risaralda	Pueblo Rico
Tolima	Casablanca



Departamento	Municipio
Chocó	San José del P.
Caldas	Belalcázar
Valle del Cauca	El Águila
Valle del Cauca	Ansermanuevo
Valle del Cauca	Argelia
Valle del Cauca	Versalles
Valle del Cauca	Toro
Valle del Cauca	La Unión
Quindío	Montenegro
Valle del Cauca	El Dovio
Valle del Cauca	La Victoria
Valle del Cauca	Roldanillo
Valle del Cauca	Zarzal
Valle del Cauca	Bolívar
Valle del Cauca	Caicedonia
Valle del Cauca	Calima
Valle del Cauca	Yotoco
Valle del Cauca	El Cerrito
Valle del Cauca	Palmira
Meta	El Castillo
Valle del Cauca	Yumbo
Valle del Cauca	Pradera
Valle del Cauca	Jamundí
Cauca	Puerto Tejada
Cauca	Corinto
Cauca	Caloto
Cauca	Argelia
Guaviare	Calamar
Cauca	Mercaderes
Nariño	Colón
Putumayo	Puerto Asís
Nariño	Tumaco

Hinge=1.5: E512
Lower outlier (0)
< 25% (0)
25% - 50% (534)
50% - 75% (267)
> 75% (205)
Upper outlier (62)

Figura 8. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 5.12 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por cuartiles y clasificados como datos atípicos o no atípicos. En la tabla adjunta, municipios catalogados como datos atípicos superiores según cálculos propuestos por Hendra (Hendra y Staum, 2010, p. 3).

Figure 8. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 5.12 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by quartiles and classified as outliers or not outliers. In the table below, municipalities classified as upper outliers according to calculation proposed by Hendra (Hendra and Staum, 2010, p. 3).

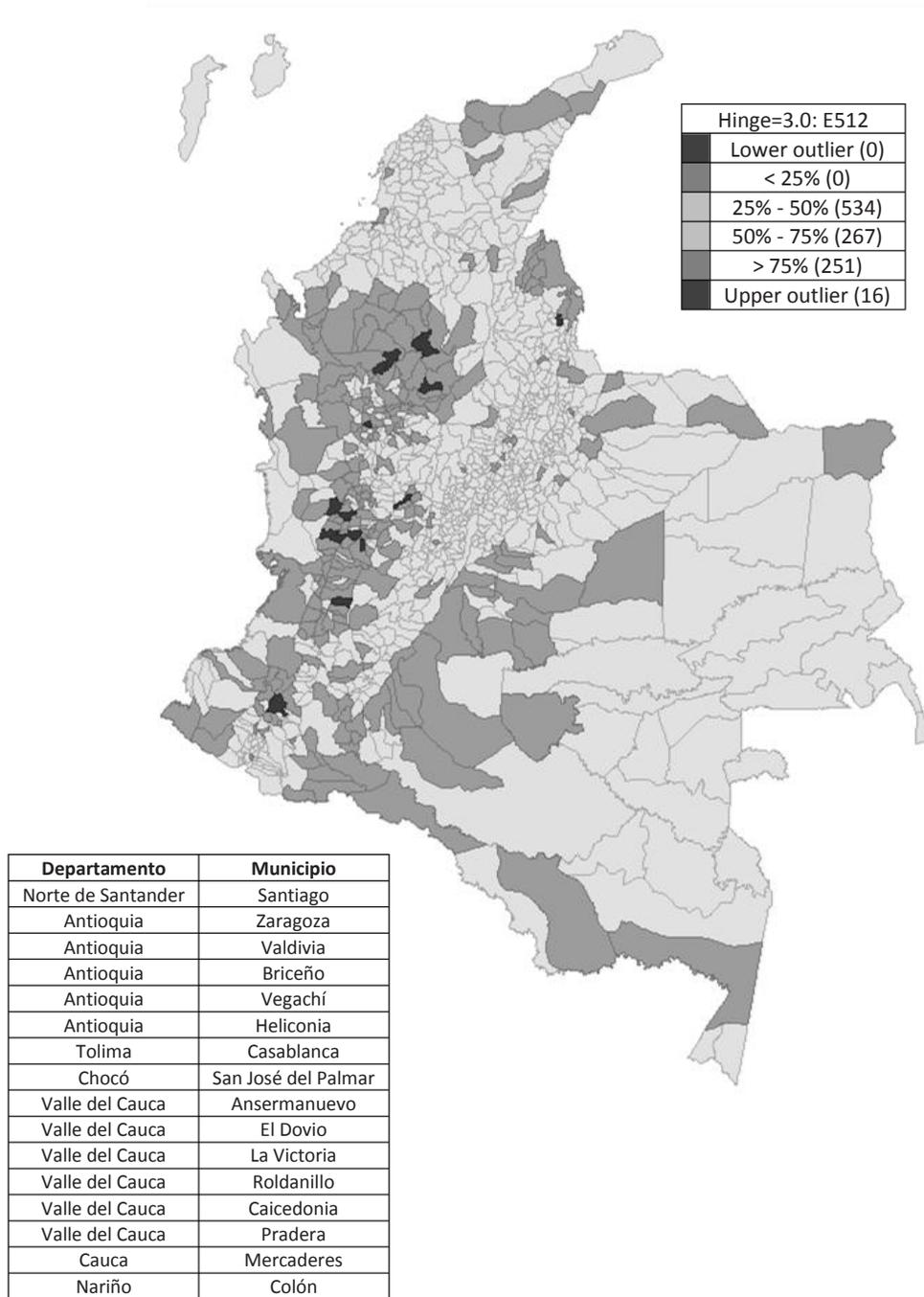


Figura 9. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 5.12 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por cuartiles y clasificados como datos extremos o no extremos. En la tabla adjunta, municipios catalogados como datos extremos superiores según cálculos propuestos por Hendra (Hendra y Staum, 2010, p. 3).

Figure 9. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 5.12 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by quartiles and classified as extreme or not extreme data. In the table below, municipalities classified as upper extreme data according to calculation proposed by Hendra (Hendra and Staum, 2010, p. 3).

Para probar si existe algún tipo de dependencia espacial, usualmente se utiliza el test de Moran (Acevedo y Velásquez, 2008, p. 22), el cual utiliza la siguiente prueba de hipótesis con su correspondiente estadístico. Sean:

H_0 : no existe dependencia espacial

H_1 : existe dependencia espacial

El estadístico de prueba es:

$$Z = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \sim N(0,1)$$

Donde $I = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}$, donde $N(0,1)$ representa una distribución normal con media 0 y varianza 1, W_{ij} es la componente correspondiente a la fila i y a la columna j de la matriz de contigüidades estandarizada que se define más adelante, N es el número de municipios de Colombia (1115), $E(I) = \frac{-1}{N-1}$ y $V[I]$ es la varianza de I .

Como es usual en la estadística espacial (tanto en técnicas de análisis exploratorio como en econometría espacial), el término W_{ij} indica la componente ij de la matriz de contigüidades estandarizada (W). En dicha matriz, 0 representa la ausencia de contigüidad grado 1 entre las regiones i y j y un número δ el caso contrario, donde $\delta = \frac{1}{n}$ con n representando el número de vecinos de la región i .

Los resultados de este test (Ver Fig. 10) son concluyentes con un nivel de significancia $\alpha = 0,001$: se acepta la hipótesis alternativa correspondiente a la existencia de dependencia espacial en la tasas de homicidios municipales por cada 10.000 habitantes entre los 15 y los 64 años.

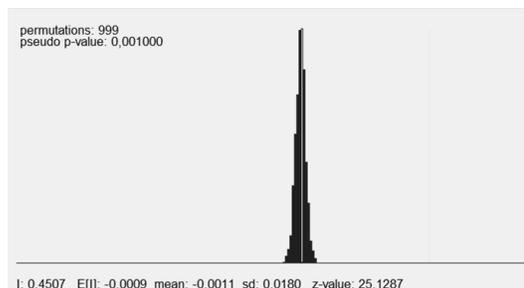


Figura 10. Distribución empírica de la tasa de defunción por causal 5.12 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición y resultados del test de Moran definido por Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

Figure 10. Empirical distribution of death rate per causal 5.12 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition and Moran's test results defined by Moran Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

Este resultado corrobora que las condiciones socioeconómicas, geográficas, culturales, etc. tienen una fuerte influencia en los índices de violencia, representados en este caso por la tasa de homicidios en personas en edad laboral.

Sin embargo, es posible que algunas zonas del país no presenten dicha dependencia espacial, es decir, pueden existir algunas zonas «autónomas» donde los índices de violencia o seguridad no dependan del comportamiento de los municipios vecinos o algunas zonas donde la dependencia no sea tan acentuada como en otras. Para verificar este grado de dependencia espacial, comúnmente se utiliza la prueba de la I de Moran definida anteriormente como un indicador local de asociación espacial (LISA, por sus siglas en inglés). Dicho indicador identifica los clústeres de dependencia espacial existentes en un conjunto de unidades espaciales (en este caso municipios).

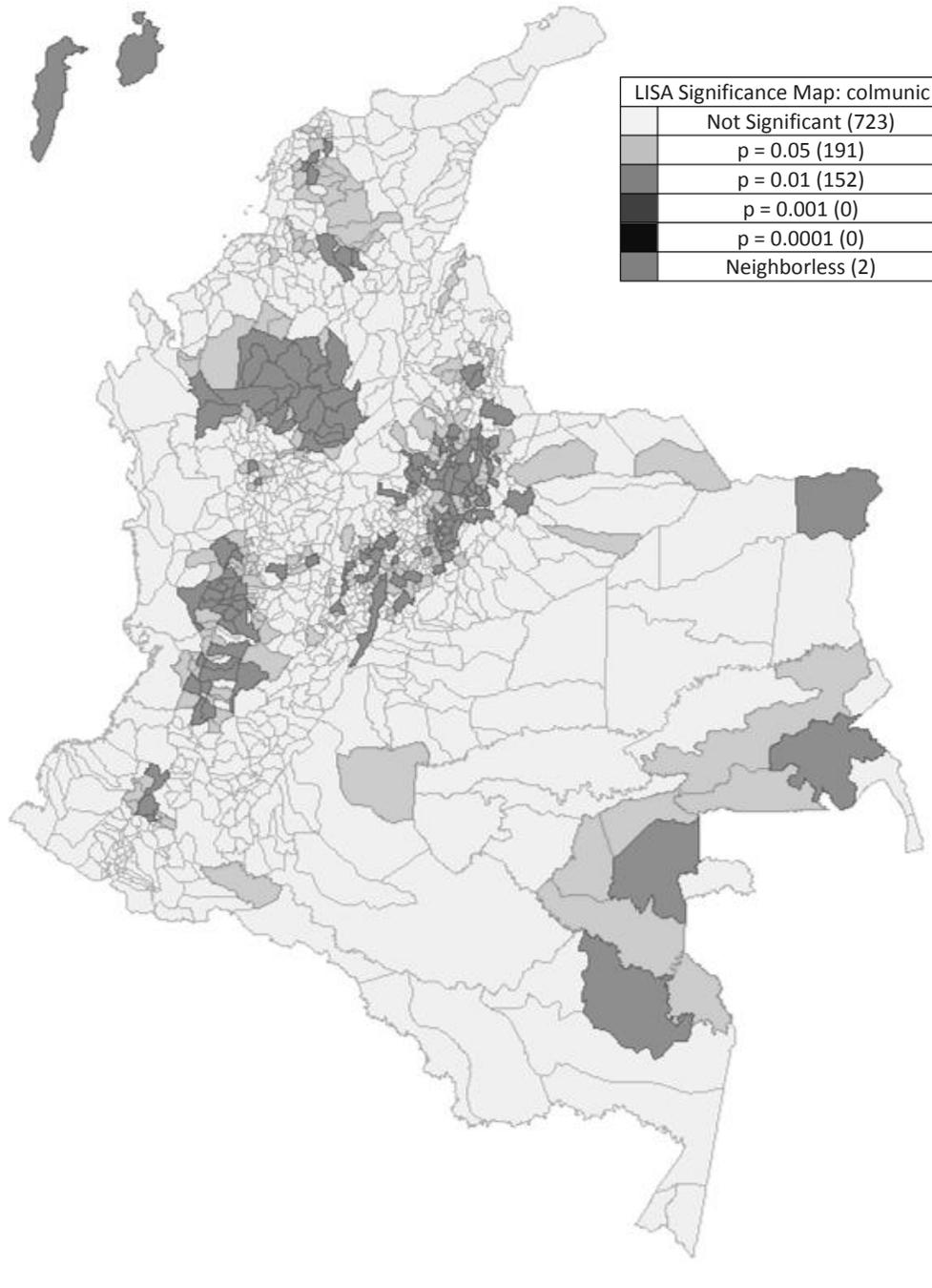


Figura 11. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 5.12 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por nivel de significancia del Test de Moran definido por Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

Figure 11. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 5.12 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by level of significance of the Moran's test defined by Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

El análisis local detallado en la Fig. 11 indica una fuerte dependencia espacial (probabilidad de existencia del 0.99) en el norte de Antioquia y en la zona sur de Córdoba; en el Valle del Cauca y algunos municipios de Risaralda, Quindío, Caldas, Chocó, Tolima y Cauca; en una amplia zona que abarca los departamentos de norte de Santander, Santander, Boyacá, Casanare y Cundinamarca y en algunas pequeñas zonas entre Atlántico, Magdalena y Bolívar, entre Amazonas y Vaupés y entre Cauca y Nariño. Contiguas a estas zonas, por lo general existen otras con dependencia espacial menos fuerte (probabilidad de existencia del 0,95) que se ven menos impactadas por la variabilidad en la tasa de homicidios de sus vecinas.

Es importante resaltar que la existencia de una marcada dependencia espacial no implica que dichos municipios tengan altos índices de homicidio, pues el análisis de dependencia se circunscribe solamente a determinar el grado de impacto que provoca la variabilidad de una variable seleccionada en las regiones contiguas. En este sentido puede presentarse lo que se denomina dependencia espacial positiva (valores altos o bajos de la variable entre municipios cercanos) o negativa (valores altos en una unidad espacial y bajos en las unidades cercanas, o viceversa

La Fig. 12 es concluyente al determinar que en las zonas correspondientes al norte de Antioquia y sur de Córdoba, Valle del Cauca y sus municipios vecinos y algunos municipios de Cauca y Nariño, la situación de violencia, medida como homicidios de fuerza laboral, es alta y tiene la capacidad de esparcirse por la región con una gran intensidad. Sin embargo, también debe pensarse en aprovechar dicha dependencia espacial para crear condiciones favorables que permitan disminuir el índice de violencia en algunos municipios de la subregión, las cuales

rápidamente se traducirían en mayor bienestar para la subregión completa.

Por el contrario, los municipios con alta dependencia espacial en la zona caribe, en los departamentos de Norte de Santander, Santander, Boyacá, Casanare y Cundinamarca y entre Amazonas, Vaupés y Guainía, corresponde a regiones con bajas tasas de homicidio por cada 10.000 habitantes entre 15 y 64 años y cuya relativa paz se transfiere a zonas vecinas con una alta intensidad.

Causal 3.03 – Enfermedades isquémicas del corazón

La causal 3.03 en el año 2011 ocasionó en Colombia 6.299 fallecimientos de personas pertenecientes a la fuerza laboral del país. Esta causal agrupa eventos tales como anginas de pecho (que a su vez agrupa anginas inestables, anginas de pecho con espasmos documentados, otras formas de anginas de pecho y las anginas de pecho sin clasificar), infartos agudos de miocardio, infartos agudos de miocardio posterior, ciertas complicaciones del paciente seguidas de un infarto agudo de miocardio, otras enfermedades cardíacas isquémicas agudas (trombosis coronaria que no deriva en un infarto agudo de miocardio y síndrome de Dressler) y la enfermedad cardíaca isquémica crónica.

Siguiendo la misma metodología utilizada para analizar la causal 5.02, se detectaron los valores atípicos y los valores extremos en las tasas municipales de defunción por esta causa por cada 10.000 habitantes en edad laboral

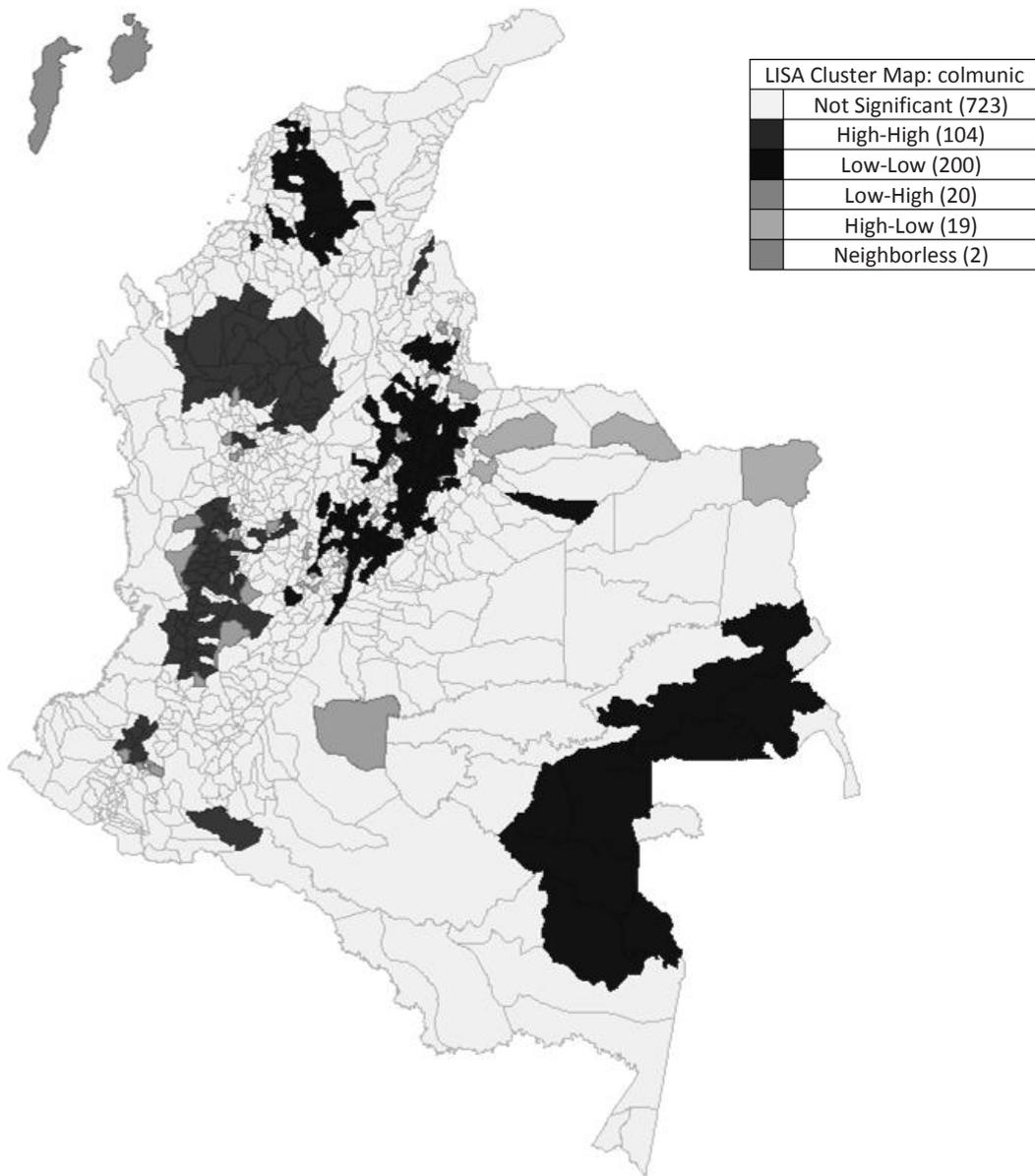


Figura 12. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 5.12 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición en municipios con dependencia espacial significativa ($prob > 0.95$), agrupados por clústeres según tasa del municipio y de sus vecinos.

Figure 12. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 5.12 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition in municipalities with significant spatial dependence ($prob > 0.95$), grouped by clusters according to municipality's rate and its neighbors's rate.

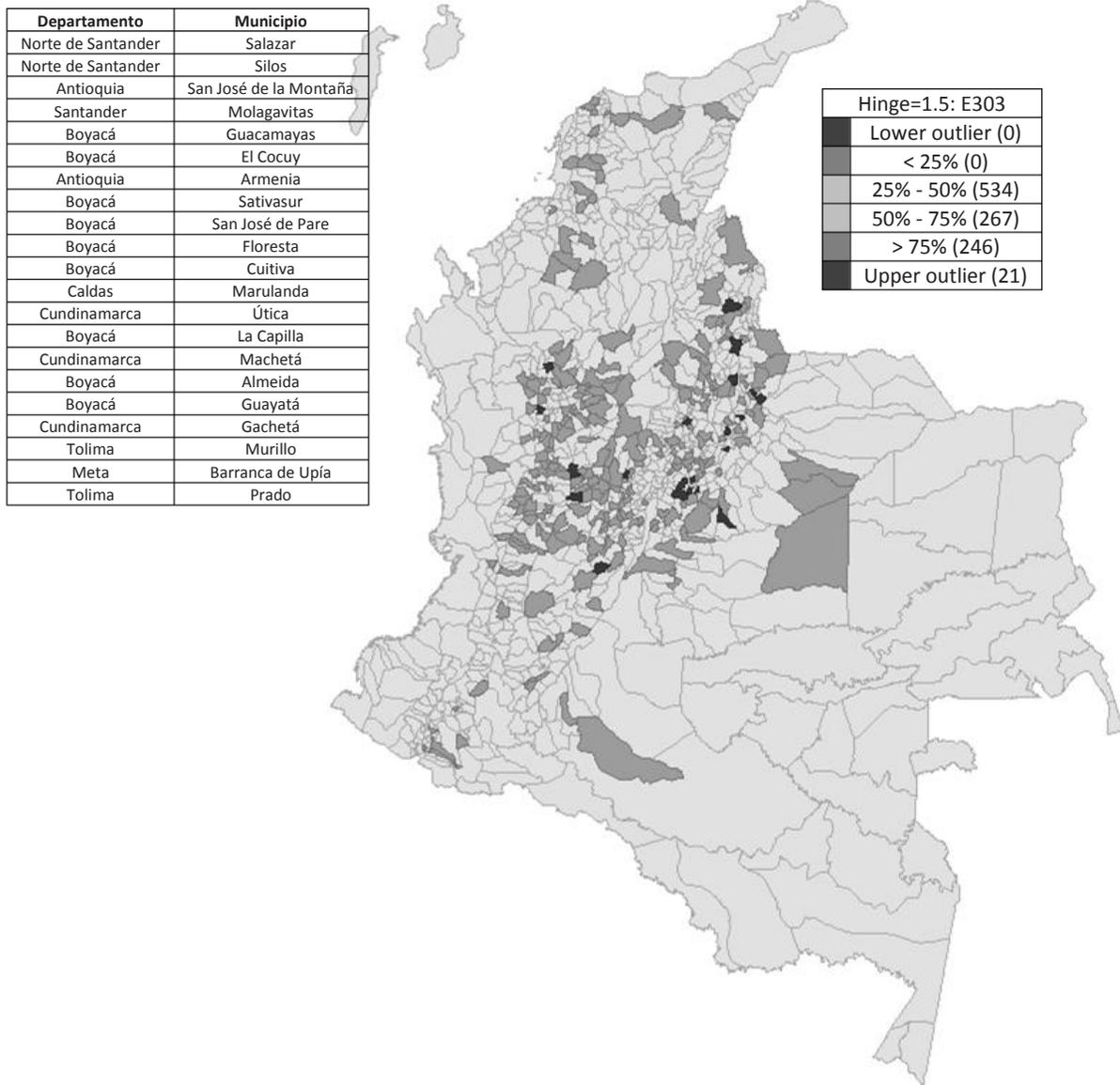


Figura 13. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por cuartiles y clasificados como datos atípicos o no atípicos según cálculos propuestos por Hendra (Hendra y Staum, 2010, p. 3).

Figure 13. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by quartiles and classified as outliers or not outliers according to calculation proposed by Hendra (Hendra and Staum, 2010, p. 3).

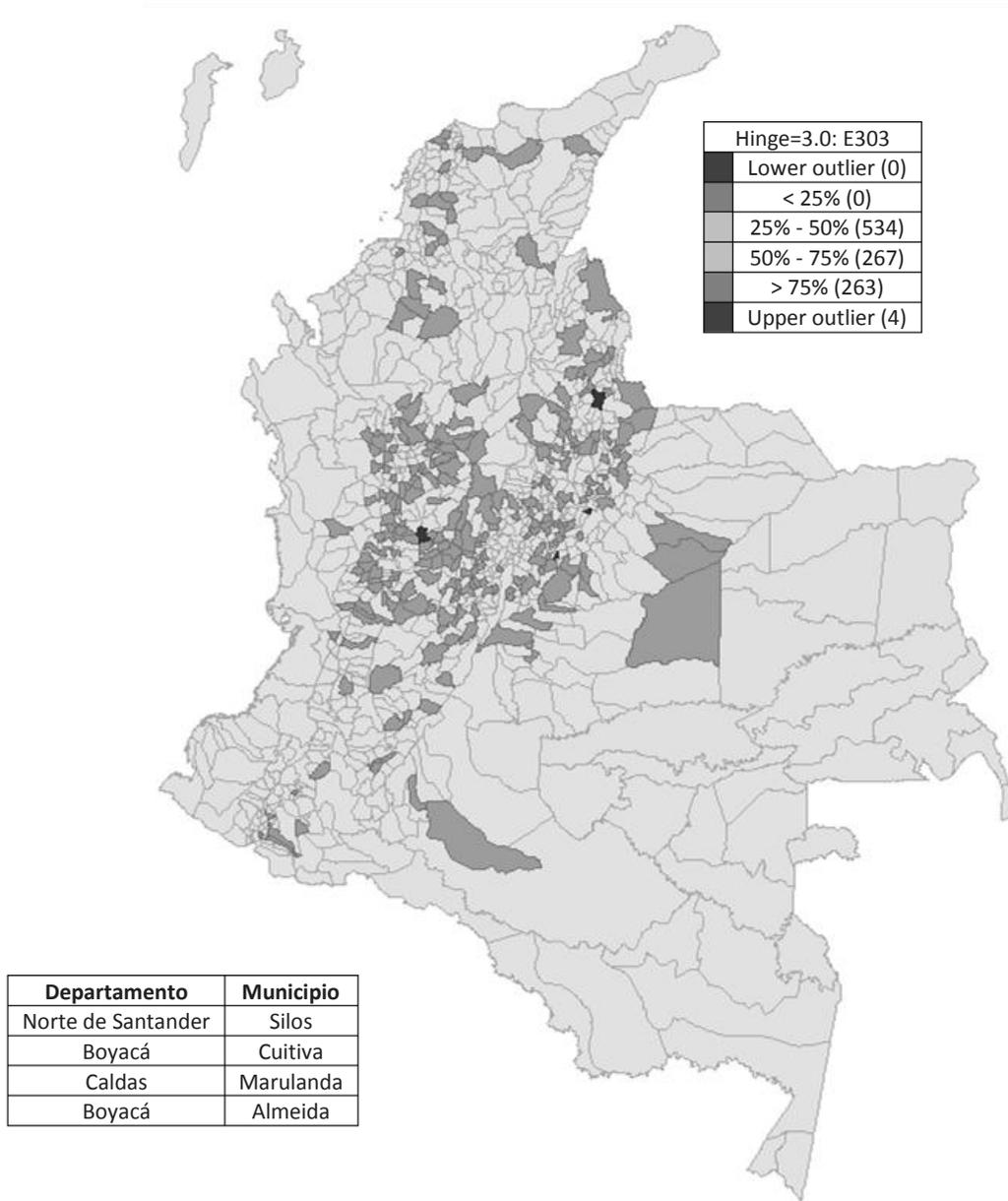


Figura 14. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por cuartiles y clasificados como datos extremos o no extremos según cálculos propuestos por Hendra (Hendra y Staum, 2010, p. 3).

Figure 14. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by quartiles and classified as extreme or not extreme data, according to calculation proposed by Hendra (Hendra and Staum, 2010, p. 3).

Como se observa en las Fig. 13 y 14, los datos atípicos y los extremos no parecen estar localizados en una región en particular (salvo en una subregión compuesta por La Capilla, Almeida y Guayatá en Boyacá, y Machetá y Gachetá en Cundinamarca), por lo que sería fácil llegar a la conclusión errada sobre la

inexistencia de dependencia espacial. Sin embargo, el test de la I de Moran, cuyos resultados se muestran en la Fig. 15, es claro al recomendar el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la alternativa sobre la existencia de dependencia espacial.

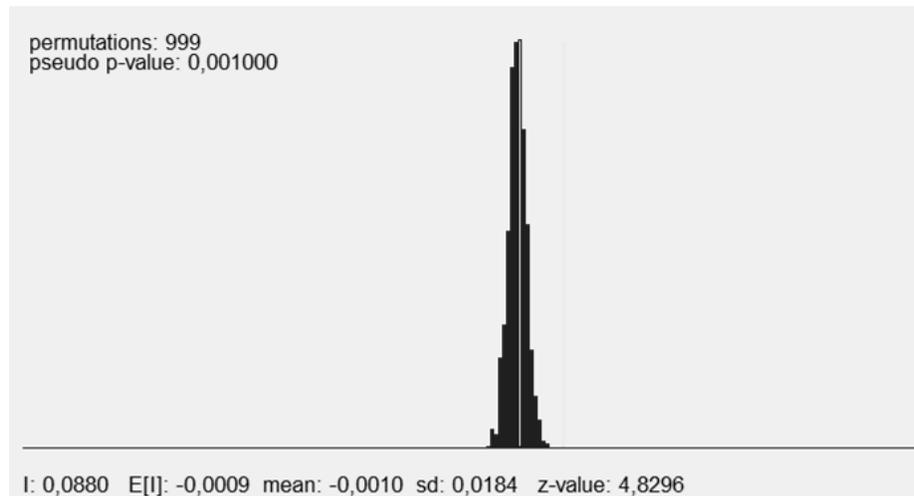


Figura 15. Distribución empírica de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición y resultados del test de Moran definido por Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

Figure 15. Empirical distribution of death rate per causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition and Moran's test results defined by Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

Desagregando por significancia de la prueba, se observan 38 municipios con una probabilidad de existencia de dependencia espacial del 0.99 y 151 con probabilidad de 0.95 (Ver Fig. 16). Estas regiones están concentradas en tres zonas básicamente: el sur del país, el departamento del Chocó y una amplia región del centro del país con tendencia hacia el eje cafetero.

El análisis de dependencia espacial positiva o negativa (Ver Fig. 17) entrega un resultado concluyente frente a la dependencia espacial

positiva con valores altos en el centro occidente del país, a pesar de algunos municipios cercanos con dependencia espacial negativa. Este último fenómeno puede deberse a la migración de personas enfermas del corazón hacia municipios con mejores servicios de salud, lo cual debería provocar una disminución en las tasas del municipio origen y unas mayores tasas en el destino.

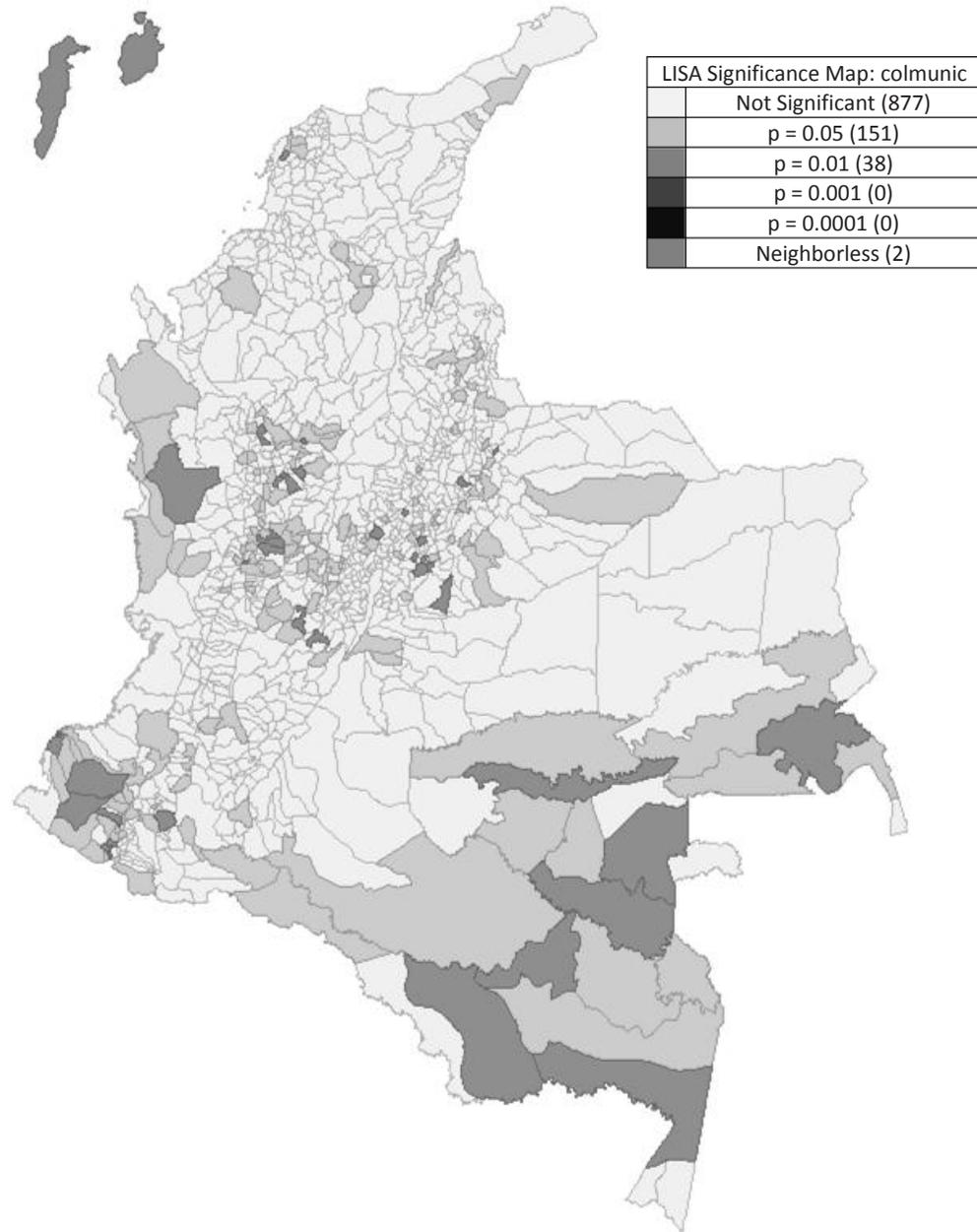


Figura 16. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por nivel de significancia del Test de Moran definido por Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

Figure 16. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by level of significance of the Moran's test defined by Agudelo (Agudelo, 2010, p. 23).

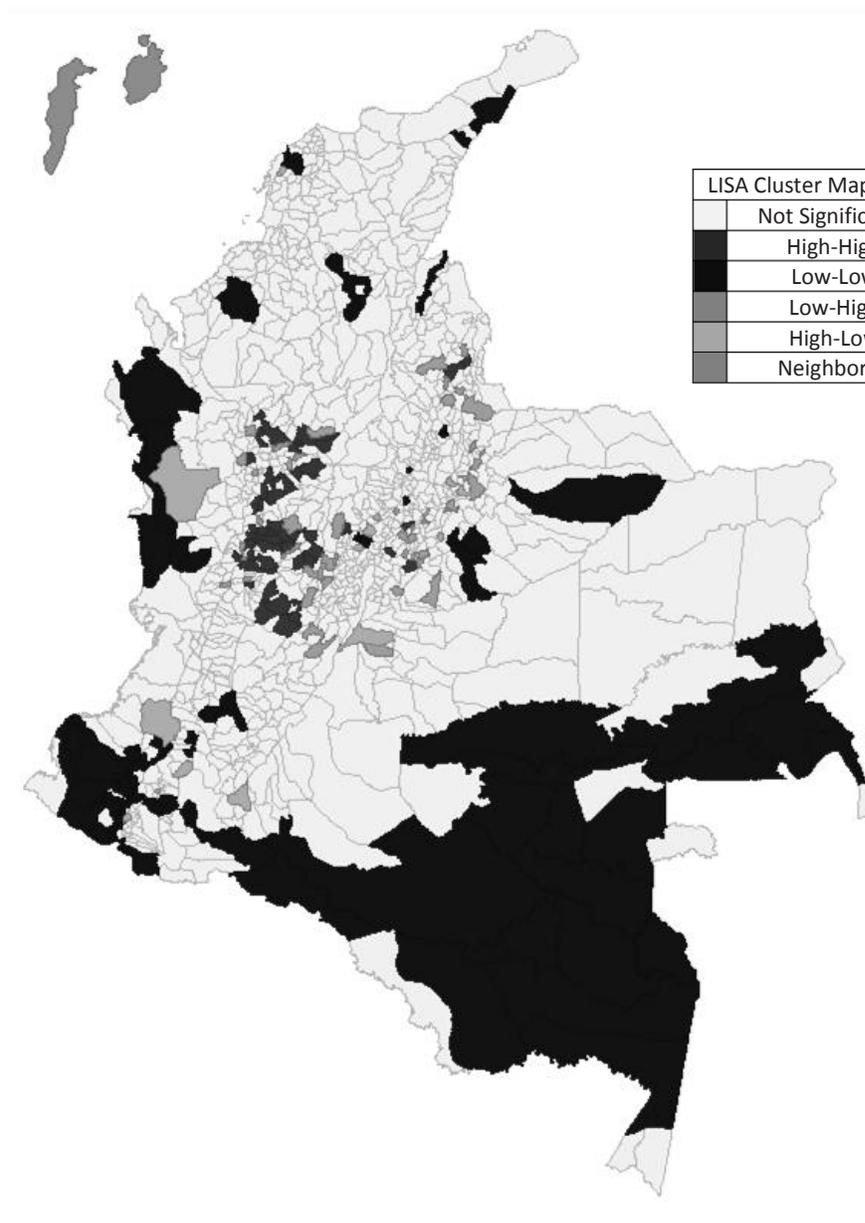


Figura 17. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, en municipios con dependencia espacial significativa ($prob > 0.95$), agrupados por clústeres según tasa del municipio y de sus vecinos, según definición de vecindad tipo reina presentada por Acevedo (Acevedo y Velásquez, 2008, p. 18).

Figure 17. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, in municipalities with significant spatial dependence ($prob > 0.95$), grouped by clusters according to municipality's rate and its neighbors's rate, using the queen neighborhood type defined by Acevedo (Acevedo and Velasquez, 2008, p. 18).

El análisis univariado realizado, por su misma naturaleza, hace caso omiso a la posibilidad de una dependencia con otras variables que podrían ayudar a explicar la variabilidad en la variable endógena. Esto se debe tener en cuenta pues la causal 3.03 puede estar relacionada con otras causales de mortalidad cuyo origen sea hábitos comunes en la población, tales como mala alimentación, falta de ejercicio físico, entre otros.

Se contrastaron entonces dos causales de defunción que podrían tener incidencia en la variabilidad intermunicipal de la causal de defunción 3.03; dichas variables son la causal 3.02 -enfermedades hipertensivas- y la causa 3.07 -enfermedades cerebrovasculares-. Estas enfermedades deberían estar correlacionadas con la causal 3.03 -enfermedades isquémicas del corazón- por cuanto las características sociodemográficas de las poblaciones influirían para que su población falleciera de enfermedades del sistema circulatorio.

Con el objetivo de corroborar dicha dependencia espacial, se utilizó un modelo mixto autorregresivo espacial de orden 1, arrojando resultados positivos para ambas variables bajo de hipótesis alternativa de dependencia espacial sustantiva (dependencia espacial causada por la omisión del retardo espacial en la variable endógena o en alguna de las variables exógenas):

Test de dependencia espacial sustantiva:

Forma funcional:

$$Causal_{3.03} = \rho WCausal_{3.03} + Causal_{(3.02 \text{ ó } 3.07)}\beta + \varepsilon$$

Prueba de hipótesis:

$$H_0: \rho = 0$$

$$H_a: \rho \neq 0$$

Estadístico:

$$LM - LAG = \frac{\left(\frac{\varepsilon^T WCausal_{3.03}}{S^2}\right)^2}{nj} \sim \chi^2(1)$$

Donde,

$$nj = T + \frac{(WCausal_{(3.02 \text{ ó } 3.07)}\beta)^T M (WCausal_{(3.02 \text{ ó } 3.07)}\beta)}{S^2}$$

$$T = Tr[(W + W^T)W]$$

$$M = I - Causal_{(3.02 \text{ ó } 3.07)}(Causal_{(3.02 \text{ ó } 3.07)}^T Causal_{(3.02 \text{ ó } 3.07)})^{-1} Causal_{(3.02 \text{ ó } 3.07)}^T$$

$Causal_k$: Tasa de defunción debido a la causal k de personas con edades entre los 15 y los 64 años por cada 10000 habitantes en la misma condición, con $k = 3.02, 3.03, 3.07$.

ρ : Coeficiente autorregresivo espacial (escalar), que recoge la intensidad de las interdependencias entre las observaciones muestrales.

β : Escalar que recoge la intensidad de la relación entre la variable endógena y la variable exógena no autorregresiva.

W : Matriz de contigüidades estandarizada.

ε : Término de perturbación aleatoria.

S^2 : Varianza del término de perturbación aleatoria ε .

Resultado Dependencia espacial sustantiva Causal 3.02:

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE				(2)
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : colmunic_gal				
TEST	DF	VALUE	PROB	
Likelihood Ratio Test	1	19.73381	0.0000089	

Resultado Dependencia espacial sustantiva Causal 3.07:

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE				(3)
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : colmunic_gal				
TEST	DF	VALUE	PROB	
Likelihood Ratio Test	1	18.29425	0.0000189	

Al realizar un análisis bivariado local (BiLISA) a partir de la I de Moran se obtienen mapas de significancia de la dependencia espacial, incluyendo como variables explicativas de la variabilidad en la tasas de defunción por enfermedades isquémicas de corazón, la misma variable rezagada espacialmente y la causal 3.02 -enfermedades hipertensivas- (Ver Fig. 18 y 19) y posteriormente la causa 3.07 -enfermedades cerebrovasculares- (Ver Fig. 20 y 21).

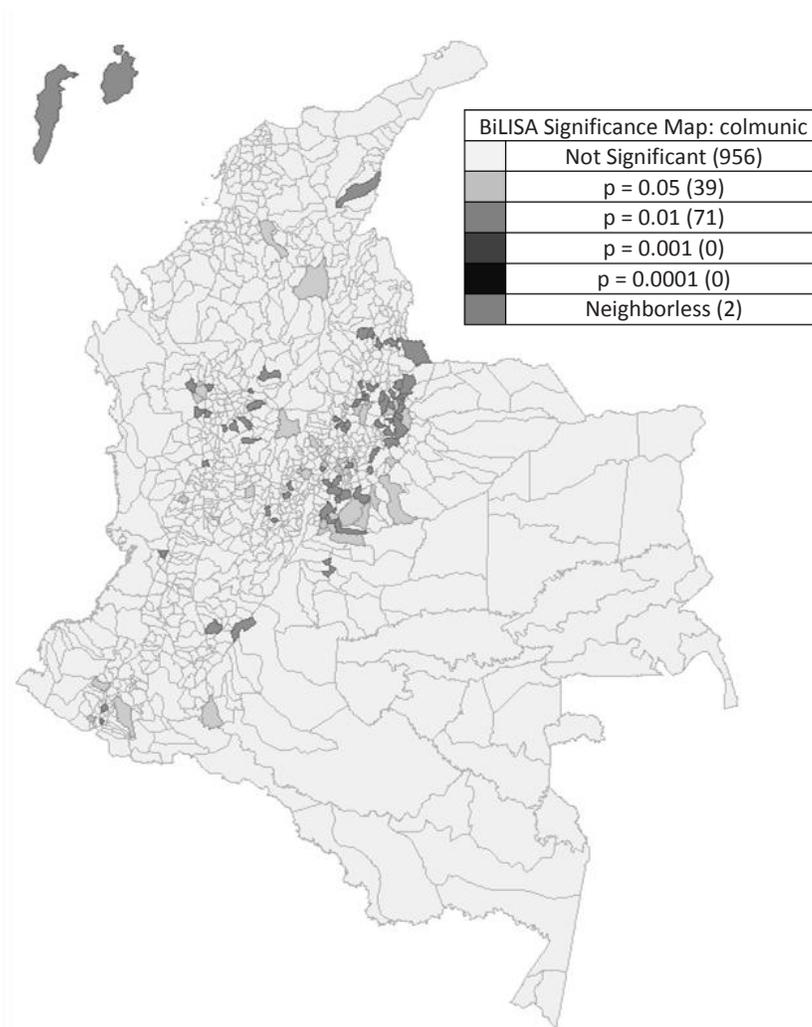


Figura 18. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, agrupados por nivel de significancia del Test de Moran para dependencia espacial entre la variable endógena (causal 3.03), la variable endógena rezagada espacialmente y la causal 3.02.

Figure 18. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, grouped by level of significance of the Moran's test for spatial dependence between the endogenous variable (causal 3.03), the spatially lagged endogenous variable and the causal 3.02.

Departamento	Municipio
Cesar	Pailitas
Antioquia	Giraldo
Antioquia	Antioquia
Antioquia	Caicedo
Santander	Valle de San José
Santander	Palmas del Socorro
Santander	Acamonte
Antioquia	San Vicente
Santander	Oiba
Boyacá	Chita
Boyacá	San Miguel de Sema
Cundinamarca	Susa
Cundinamarca	Guachetá
Boyacá	Rondón
Boyacá	Ventaquemada
Boyacá	Ramiriquí
Risaralda	Pueblo Rico
Cundinamarca	La Peña
Boyacá	Miraflores
Boyacá	Pachavita
Cundinamarca	Quebradanegra
Tolima	Villa Hermosa
Casanare	Sabanalarga
Cundinamarca	Medina
Cundinamarca	Fómeque
Meta	Restrepo
Meta	Villavicencio

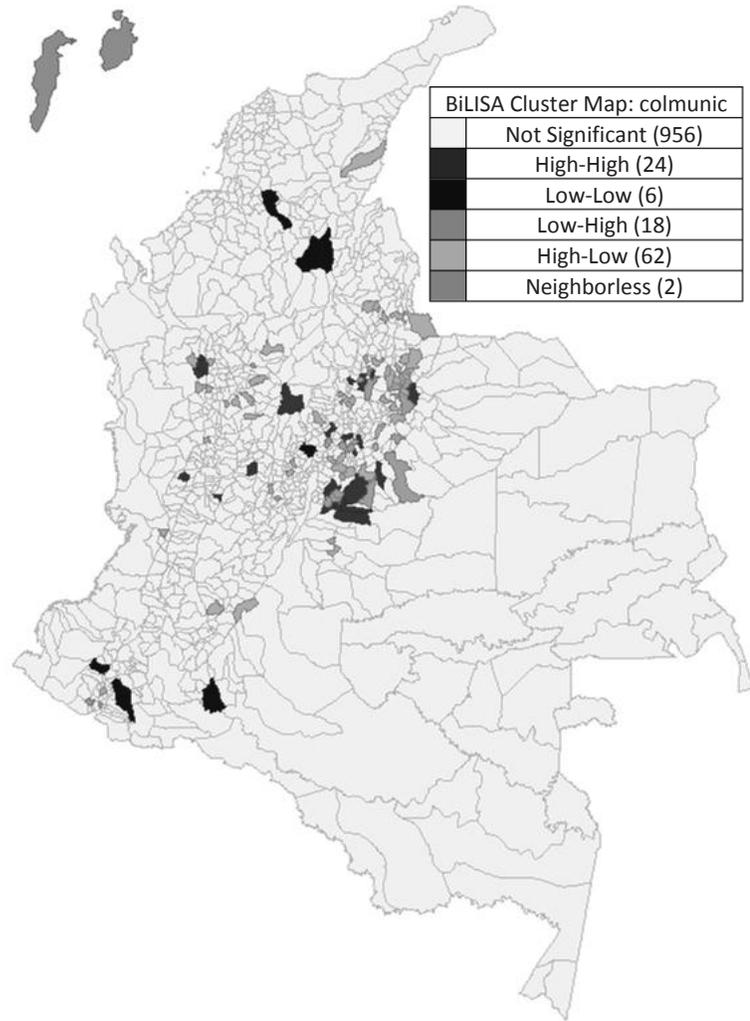


Figura 19. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición en municipios con dependencia espacial significativa ($prob > 0.95$) entre la variable endógena (causal 3.03), la variable endógena rezagada espacialmente y la causal 3.02, agrupados por clústeres según tasa del municipio y de sus vecinos, según definición de vecindad tipo reina presentada por Acevedo (Acevedo y Velásquez, 2008, p. 18).

Figure 19. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition in municipalities with significant spatial dependence ($prob > 0.95$) between the endogenous variable (causal 3.03) the spatially lagged endogenous variable and the causal 3.02, grouped by clusters according to municipality's rate and its neighbors's rate, using queen neighborhood type defined by Acevedo (Acevedo and Velasquez, 2008, p. 18).

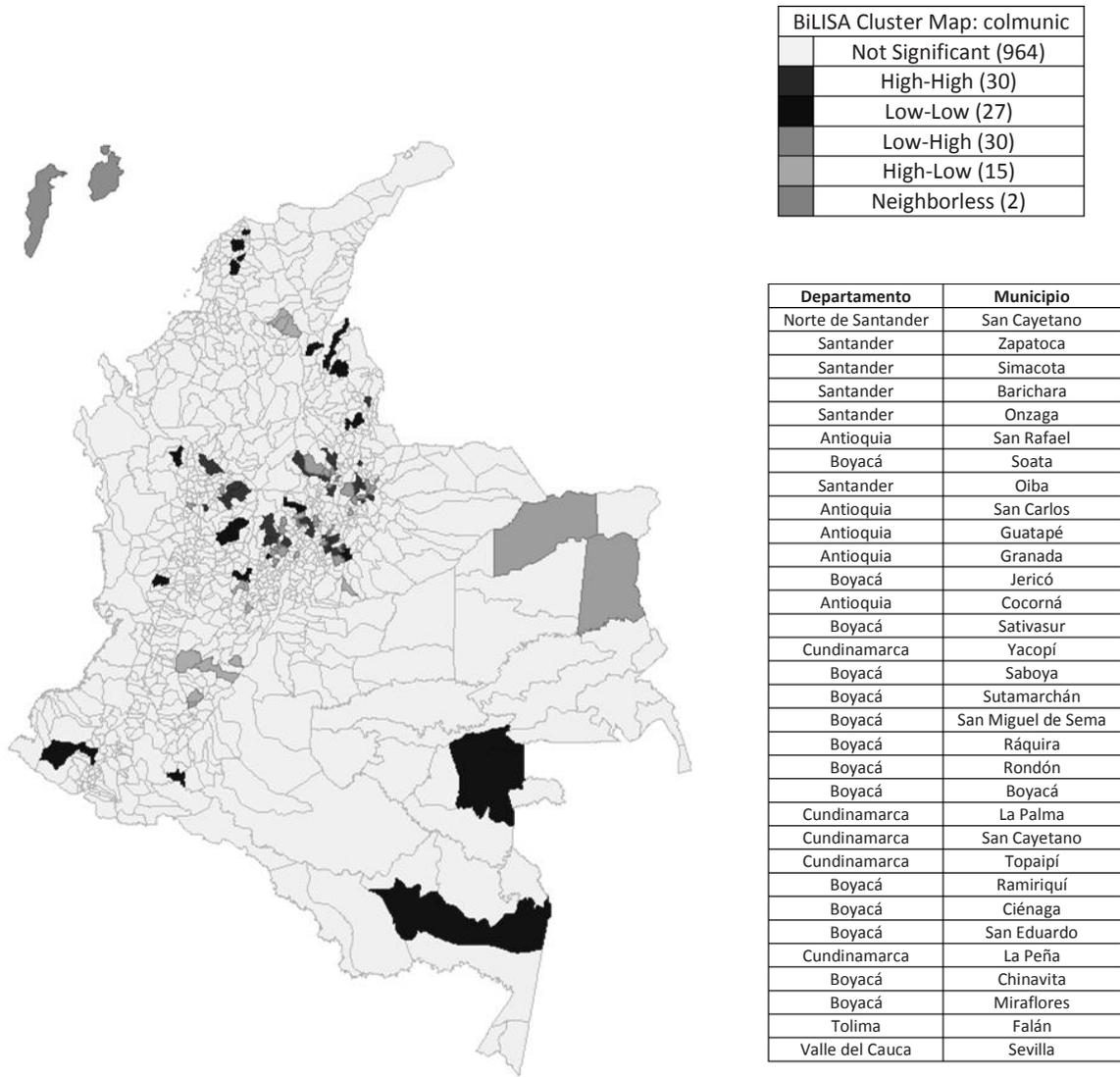


Figura 21. Distribución por municipios de la tasa de defunción por causal 3.03 de personas entre los 15 y los 64 años por cada 10.000 habitantes en la misma condición, en municipios con dependencia espacial significativa ($prob > 0.95$) entre la variable endógena (causal 3.03), la variable endógena rezagada espacialmente y la causal 3.07, agrupados por clústeres según tasa del municipio y de sus vecinos, según definición de vecindad tipo reina presentada por Acevedo (Acevedo y Velásquez, 2008, p. 18).

Figure 21. Distribution by municipalities of the rate of death from causal 3.03 of people between 15 and 64 per 10,000 population in the same condition, in municipalities with significant spatial dependence ($prob > 0.95$) between the endogenous variable (causal 3.03), the spatially lagged endogenous variable and the causal 3.07, grouped by clusters according to municipality's rate and its neighbors's rate, using queen neighborhood type defined by Acevedo (Acevedo and Velasquez, 2008, p. 18).

La disminución de la tasa de fallecimientos en la fuerza laboral, por causa de enfermedades isquémicas de corazón, requiere de estrategias para atacar esta causa en los municipios correspondientes a la Fig. 17. Disminuirla en otros municipios con elevadas tasas de defunción por esta causal dependerá también de los esfuerzos realizados en atacar otras causas de enfermedades del sistema circulatorio, como las enfermedades hipertensivas y las causantes de decesos por enfermedades cerebrovasculares.

4. CONCLUSIONES

Casi la tercera parte de los fallecimientos en la fuerza laboral colombiana se debe a dos causas fundamentales: los homicidios y sus secuelas y las enfermedades isquémicas del corazón. Estos dos tipos de suceso causaron durante el año 2011 21.311 muertes en todo el territorio nacional, y sus repercusiones en términos de sociales y de pérdida de capital humano son incalculables.

El análisis de dependencia espacial aplicado a cada una de dichas causales de fallecimiento por municipio indica que hay una clara dependencia espacial; en el caso de los homicidios con ella misma y en caso de las enfermedades isquémicas del corazón con ella misma y con otro tipo de causales de mortalidad, tales como las enfermedades hipertensivas y las cerebrovasculares.

Para enfrentar las principales causas por las cuales Colombia pierde su fuerza laboral por fallecimiento, implica diseñar estrategias encaminadas a intervenir los municipios donde la existe una fuerte dependencia espacial, con tasas de mortalidad por dichas causas altas en el municipio candidato a ser intervenido y en sus vecinos, pues el efecto de dicha implementación de políticas tendrá el poder de esparcirse rápidamente por el espacio.

En el caso de los homicidios y sus secuelas, los municipios candidatos a ser intervenidos se ubican en el norte de Antioquia y sur de Córdoba, Valle del Cauca, sus municipios vecinos y algunos municipios de Cauca y Nariño. En cuanto a las enfermedades isquémicas del corazón, la intervención debe focalizarse en varias subregiones: en el sur del país, el departamento del Chocó y una amplia región del centro del país con tendencia hacia el eje cafetero; deben diseñarse políticas encaminadas a la prevención de enfermedades isquémicas del corazón en el centro del país, específicamente en los municipios detallados en las Fig. 19 y 21, no solo debe enfrentarse este tipo de enfermedad sino también las enfermedades hipertensivas y las cerebrovasculares, pues estas tienen una alta influencia en las isquémicas del corazón.

REFERENCIAS

- Acevedo B., I., Velásquez C., E., (2008). *Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales*. Medellín: Universidad EAFIT.
- Agudelo T., G.A. (2010). *Dependencia espacial: detección, validación y modelación*. Universidad EAFIT, Medellín.
- Borísov, E. F., Zhamin, V. A., Makarova, M. F., Anísimov, G. D., Astájov, V. D., Atlas, M.S., Zlobin, I. D. (1966). *Diccionario de economía política*. Montevideo: Pueblos Unidos.
- DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012). *Metodología estadísticas vitales*. Bogotá: Taller de Ediciones del DANE.

- Hendra, R. y Staum, P. (2010). *A SAS Application to Identify and Evaluate Outliers*. New York: Applications Development.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2013, septiembre). *Forensis 2012, datos para la vida*. Bogotá: Quad Graphics.
- Moreno S., R. y Vayá V., E. (2000). *Técnicas econométricas para el tratamiento de datos espaciales: la econometría espacial*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.
- Wackerly, D., Mendenhall, W. y Scheaffer, R. (2010). *Estadística matemática con aplicaciones*. México: Cengage Learning Editores.
- World Health Organization (1990, mayo). *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (ICD-10)*. United Nations. Forty-third World Health Assembly, Genoa, Italy: United Nations.

MODELOS DE COMPRAS PÚBLICAS PARA CONSUMO SOCIAL EN ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES

Public procurement schemes for social consumption at educational institutions

Cindy Encina Galaz

Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Chile. Santiago, Chile. cindy.encina@gmail.com

Sofía Boza Martínez

Ph.D. en Economía. Universidad de Chile. Santiago, Chile sofiaboza@u.uchile.cl

Marcos Mora González

Ph.D. en Economía de la Empresa Agroalimentaria. Universidad de Chile. Santiago, Chile mmorag@uchile.cl

Cómo citar / How to cite

Encina, C., Boza, S. y Mora, M. (2015). Sistemas de compras públicas para consumo social en establecimientos educacionales. *Revista CEA*, 1(1), 51-63.

Recibido: 6 de mayo de 2014

Aceptado: 17 de junio de 2014

Resumen

El escaso desarrollo rural y la falta de oportunidades que potencien el entorno local conllevan a una fuerte migración hacia las ciudades y al empobrecimiento de las zonas menos urbanizadas. Internacionalmente, existen casos donde los Programas de Alimentación Escolar (PAE) colaboran con las economías locales mediante la compra de alimentos a pequeños productores. En este contexto, el objetivo principal de este trabajo es definir las fortalezas y puntos críticos, para la implementación de un modelo de compras públicas de alimentos provenientes de la pequeña agricultura, para su consumo en establecimientos educacionales públicos de Chile. Para ello, además de la recopilación de información secundaria referente al modelo implantado en Brasil y funcionamiento del PAE chileno, se realizaron un total de 64 entrevistas a productores (30), apoderados (31) y responsables de comedores escolares (3) ubicados en la provincia de Colchagua (VI Región). Los resultados obtenidos mostraron una amplia aceptación de la participación de pequeños productores en el PAE chileno por parte de los entrevistados. No obstante, se identificaron algunas exigencias al modelo, como la regularidad de las entregas y calidad de los alimentos, la oportunidad en los pagos y el control y fiscalización del correcto funcionamiento de la cadena de suministro. Finalmente, la información recopilada fue sintetizada mediante una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas).

Palabras claves: Programas de Alimentación Escolar, agricultura familiar campesina, compras públicas.

Abstract

The limited rural development and the lack of opportunities to improve the local environment lead to a strong migration towards cities and to the impoverishment of the less urbanized areas. Internationally, there are cases where the School Feeding Programmes (SFPs) are collaborating with the local economies by buying their supplies from small scale producers. In this context, the main objective of this work is to define the strengths and critical points for the implementation of a scheme of public procurement of food from small farms for consumption in public educational institutions in Chile. In addition to collecting secondary information concerning the model implanted in Brazil and the operation of Chilean SFPs, a total of 64 interviews to producers (30), parents (31) and responsible for school canteens (3) placed in the province of Colchagua (O'Higgins Region) were done. The results showed a wide acceptance by respondents of the participation of small farmers in the Chilean SPF. However, some demands on the model were identified, as the timing of payments, regularity of deliveries and quality of the food offered, and the control and supervision of the proper functioning of the supply chain. Finally, the information gathered was synthesized using a SWOT matrix (strengths, weaknesses, opportunities and threats).

Keywords: School-Feeding Programs; Small-scale farming; Public procurements.

1. INTRODUCCIÓN

La implementación de sistemas públicos para alimentación social constituye una innovadora política gubernamental para tratar de aumentar el bienestar, en especial cuando estos patrones de compras incluyen criterios como el apoyo a la agricultura familiar campesina (AFC) o factores medioambientales.

Un ejemplo de esto es Brasil, país pionero en Latinoamérica en la implementación de los modelos de compras públicas señalados, al adquirir alimentos provenientes de la agricultura familiar campesina para el consumo en escuelas estatales. Esta iniciativa se encuentra respaldada por el Artículo 14 de la nueva Ley 11.947 de 2009, el cual señala que del total de los recursos financieros transferidos por el Fondo Nacional para el desarrollo de la Educación (FNDE), en el ámbito del Programa Nacional de Alimentación Escolar (PNAE), al menos un 30% deberá ser utilizado en la adquisición de productos alimenticios directamente de la agricultura familiar y del empresario familiar rural o de sus organizaciones.

En Chile, la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB) es la encargada del funcionamiento del Programa de Alimentación Escolar (PAE) nacional en establecimientos municipales y particulares subvencionados, cubriendo alrededor de un tercio de las necesidades nutricionales del día de los escolares de enseñanza básica y media, y entre un 45% y 50% en los preescolares (JUNAEB, 2014). Sin embargo, la compra de los alimentos utilizados en este programa se realiza mediante la selección y contrato de concesionarias, en los cuales no se incorporan criterios sociales o ambientales específicos como en Brasil.

Considerando la contextualización anterior, el objetivo del presente documento es definir las fortalezas, así como puntos críticos, para la implementación de un

modelo de compras públicas de alimentos provenientes de la pequeña agricultura de estas características en establecimientos educacionales chilenos. Para ello, el trabajo realizado se estructura en los siguientes ejes: i) revisión de la experiencia brasileña, ii) exposición del funcionamiento del PAE en Chile, iii) presentación de los resultados de las entrevistas realizadas a informantes clave y iv) realización de un análisis FODA en base a la información levantada.

2. MARCO CONCEPTUAL

Las compras públicas son un mecanismo mediante el cual el Estado y sus administraciones pueden incidir en la economía. Según señala un estudio sobre compras públicas realizado por PNUMA (2012), a nivel general, el gasto público suele representar un 15-30% del PIB nacional y cada compra es una oportunidad de impulsar los mercados hacia la innovación y la sostenibilidad.

En este sentido, las iniciativas relativas a utilizar las compras públicas incorporando criterios sociales como una herramienta que incida en el desarrollo local han tomado importancia en el contexto internacional. Un ejemplo de esto es el funcionamiento de los PAE que obtienen parte de los alimentos desde la AFC.

En América Latina, la AFC otorga empleo aproximadamente a dos de cada tres agricultores, por lo que se podría afirmar que alrededor de 100 millones de personas dependen directamente de ella (BID y FAO, 2007). Igualmente, a nivel mundial, el 86% de los habitantes de zonas rurales tienen como principal fuente de ingreso la agricultura (Banco Mundial, 2008). Pese a su importancia relativa, el limitado acceso a mercados e inversión afecta la productividad y competitividad de la AFC, pudiendo encontrarse incluso los hogares dependientes en eventuales situaciones de

vulnerabilidad. Lo anterior evidencia el rol central de la pequeña agricultura en las economías de los países latinoamericanos y la necesidad de políticas públicas en apoyo a la misma.

Por tanto, la participación de este sector productivo en iniciativas como los PAE sugiere una gran oportunidad para generar espacios para el desarrollo rural endógeno, mediante la circulación de los recursos en las zonas más sensibles económicamente. De hecho, según Figueroa *et al.* (2005), la descentralización ha demostrado crear condiciones para mejorar la calidad de los alimentos, reducir los costos, estimular la economía local, generar nuevos empleos, apoyar a los pequeños y medianos productores, así como fomentar la participación de los actores implicados para combatir la corrupción y desvíos de recursos.

Sin embargo, para lograr esta sinergia es necesaria la existencia de una agricultura familiar bien desarrollada que sea capaz de abastecer el sistema de alimentación. Según señala un estudio sobre alimentación escolar de FAO (2013), para establecer el enlace entre los PAE y la agricultura familiar se necesita de agricultores organizados y capacitados, así como de un marco legal y normativo que facilite la participación de estos en las compras públicas del Estado. Esto, ya que según Márcia (2010), los procesos de licitación y las formalidades que estos modelos implican dificulta el acceso de la AFC a los mismos.

Finalmente, se necesita también de una comunidad participativa. Según Cervato-Mancuso *et al.* (2013), la calidad de la alimentación y nutricional en el ámbito de escolar es un compromiso que debe implicar la participación de nutricionistas, profesores, comunidad, gestores de las escuelas y de las entidades de gobierno.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experiencia brasileña

Desde hace años, uno de los ejes de la política brasileña ha sido garantizar la seguridad alimentaria de la población. Un ejemplo de esto es la iniciativa «Hambre Cero» iniciada el 2003, con el objetivo de erradicar el hambre y ayudar a las familias que aún presentan dificultades en el acceso a los alimentos básicos (FAO, 2006). Esta iniciativa está constituida por alrededor de 30 programas complementarios, dirigidos a combatir tanto las causas inmediatas como subyacentes del hambre y la inseguridad alimentaria. Dentro de esta línea se destacan: el Programa Nacional de Alimentación Escolar (PNAE), el Programa de Adquisición de Alimentos (PAA), que trabaja en conjunto con la Compañía Nacional de Abastecimiento (Conab), y el Programa Nacional de Fortalecimiento de la Agricultura Familiar (PRONAF), los cuales se analizarán a continuación, debido a su importancia en la conexión de la agricultura y la alimentación escolar.

Programa Nacional de Alimentación Escolar (PNAE)

Este programa se caracteriza por su universalidad (dirigido a todos los alumnos censados), equidad y la operación descentralizada, razones por las que se considera ejemplo en la gestión de los programas de alimentación escolar en el extranjero (Da Cunha *et al.*, 2013). Tiene por objetivo contribuir con el crecimiento y desarrollo biopsicosocial, el aprendizaje, el rendimiento escolar y la formación de hábitos saludables por parte de los estudiantes, a través de la educación alimentaria nutricional y del suministro de alimentos que cubran parte de las necesidades nutricionales durante el periodo lectivo (FNDE, 2012).

Actualmente el PNAE se rige por la Ley 11.947 de 2009, la cual establece que al menos un 30% de los recursos destinados por el FNDE se dedique a la obtención de alimentos provenientes de la agricultura familiar. La prioridad para la adquisición de estos alimentos son los productos generados en el mismo municipio, seguidos por la producción de agricultores de otros municipios rurales y finalmente de estados u otras regiones del país.

Los recursos del programa provienen de la Tesorería Nacional, administradora de los fondos del gobierno federal. El FNDE se encarga de transferir los fondos a las entidades ejecutoras en 10 cuotas mensuales a partir del mes de febrero para la cobertura del año escolar. El uso de los recursos es monitoreado y supervisado directamente por los Consejos de Alimentación Escolar (CAE), FNDE, Tribunal de Cuentas de la Unión (TCU), Secretaría Federal de Control Interno (SFCI) y el Ministerio Público.

Programa de Adquisición de Alimentos (PAA)

Este programa fue creado en 2003 por el Gobierno Federal. Consiste básicamente en la adquisición, sin licitación, de productos provenientes de agricultura familiar a precios del mercado regional. Además, bajo la operación del Ministerio de Desarrollo Agrícola, proporciona recursos que permiten a las organizaciones de agricultores familiares crear un inventario de productos para su comercialización posterior, al mejor precio de mercado (IICA, 2007). Este programa se ejecuta en asociación con la Compañía Nacional de Abastecimiento (Conab), entidad encargada de mantener la regularidad del abastecimiento y la garantía de ingreso al productor rural en las compras, participando en la formulación y ejecución de políticas agrícolas de suministro (Conab, 2005).

Los alcances del PAA desde su implementación en 2003 hasta diciembre de 2010 corresponden a la compra de aproximadamente 2 millones de toneladas de alimentos. En 2008, 118.900 agricultores vendieron sus productos al Programa, siendo destinados a 16,8 millones de personas beneficiarias (MDA, 2012).

Por otro lado, con la finalidad de financiar los proyectos agrícolas de este sector y generar un mayor número de productos, el Programa Nacional de Fortalecimiento de la Agricultura Familiar (Pronaf), otorga varias líneas de financiamiento, dependiendo del público específico que se quiere atender, aplicando las tasas de interés más bajas que el mercado (MDA, 2014). En este sentido, desde 2003 se firmaron más de 10 millones de contratos y se entregaron 52.000 millones de reales en crédito agrícola, lo que corresponde al 85% del total de los recursos destinados al PRONAF desde su creación (Ibíd.)

Situación actual en Chile

Para lograr la comprensión del sistema de actuación pública que se lleva a cabo en Chile respecto a los Programas de Alimentación Escolar y al desarrollo de la Agricultura Familiar Campesina, se hace necesario analizar los principales organismos estatales involucrados en estas tareas. Por el lado de la distribución de las raciones alimenticias se tiene a la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB), encargada del Programa de Alimentación Escolar. Mientras que la agricultura familiar campesina se encuentra representada fuertemente por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). El detalle de estos programas se muestra a continuación.

Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas (JUNAEB)

La JUNAEB es una institución del Estado, parte del Ministerio de Educación. Su misión es «liderar la implementación de políticas públicas, a través del diseño y gestión de productos, servicios y becas de calidad, destinados a la promoción de derechos y protección social de los estudiantes en Chile, en los niveles de enseñanza pre-básica, básica, media-secundaria y superior en condición o riesgo de vulnerabilidad, con las familias y la red pública y privada» (JUNAEB, 2008). Para esto JUNAEB coordina diferentes líneas de acción, especializándose en las siguientes tres áreas de apoyo social escolar: Programa de Salud Escolar (PSE), Programa de Becas y Programa de Alimentación Escolar (PAE). Dada la temática del presente artículo nos centraremos en la descripción de este último.

Programa de Alimentación Escolar (PAE). El Programa de Alimentación Escolar en Chile está a cargo de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas, quien administra los recursos asignados por el Estado para la ayuda de los escolares que se encuentran en riesgo biopsicosocial y acuden a establecimientos educativos municipales o particulares subvencionados.

Este programa tiene como fin último apoyar a los estudiantes combatiendo la deserción durante los 12 años de escolaridad. Para ello se entrega una alimentación complementaria y diferenciada, cubriendo parte de las necesidades nutricionales diarias de los estudiantes, a lo largo de todo el país, tanto de enseñanza media como básica, que se encuentran en situación de vulnerabilidad.

La ración alimenticia se traduce en un desayuno u «once» y almuerzo, según corresponda a las necesidades y vulnerabilidad de los estudiantes.

Unidades involucradas. La unidad encargada de la coordinación y funcionamiento del

Programa de Alimentación Escolar es el Departamento de Alimentación Escolar, el cual, a su vez, cuenta con dos subunidades: la Unidad de Operaciones, responsable de definir, controlar y evaluar el presupuesto y su distribución; y la Unidad de Calidad, responsable de definir, controlar y evaluar los procesos relacionados con requisitos técnicos del programa.

Beneficiarios. La selección de los beneficiarios se realiza mediante el Sistema Nacional de Asignación con Equidad (SINAE), el cual utiliza una base de datos que contiene información proporcionada por los Ministerios de Desarrollo Social y de Educación, el Fondo Nacional de Salud (FONASA) y JUNAEB, del Registro de Estudiantes de Chile y su condición socioeconómica y de salud, además de información recopilada mediante la encuesta anual que realiza la JUNAEB a estudiantes. Esto permite identificar a los alumnos que requieren ayuda prioritaria.

Según cifras del Sistema Nacional de Asignación con Equidad (SINAE) para el 2010, el 64,11% (1.222.990) de los estudiantes de educación básica y el 66,64% (617.160) de los estudiantes de educación media requerían de ayuda prioritaria.

Presupuesto. La ley de presupuestos de cada año indica los montos asignados a la institución JUNAEB para cada categoría. Para el año 2012 se contó con un presupuesto de 381.487.677 miles de pesos chilenos (US\$677.598.005), de los cuales 183.207.505 miles de pesos (US\$ 325.412.975) fueron asignados al programa de alimentación de enseñanza básica y 81.518.051 miles de pesos (US\$144.792.275) para el programa de alimentación de enseñanza media (DIPRES, 2012); logrando la cobertura sobre 1.900.000 raciones diarias.

Adquisición de alimentos. El servicio de alimentación es realizado por concesionarias que se encargan de la parte operativa del sistema, principalmente de la elaboración de

los productos y su distribución a los diferentes establecimientos educacionales. JUNAEB, en tanto, define las bases técnicas donde se establecen las calidades de las materias primas y el producto final.

Para la contratación de las concesionarias se realizan licitaciones públicas donde estas compañías concursan. Las concesiones se adjudican cada tres años. El territorio nacional se divide en tres tercios y todos los años se licita uno. En cada licitación se evalúa el desempeño en la calidad de los servicios, en lo legal y en lo tributario-contable. El proceso se lleva a cabo mediante el portal de Mercado Público y no considera criterios sociales ni medioambientales.

Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)

El Instituto de Desarrollo Agropecuario, INDAP, es una institución pública dependiente del Ministerio de Agricultura. Se creó en 1962 con la misión de apoyar el desarrollo de los agricultores de pequeña escala mediante el fomento productivo. Actualmente, manifiesta como sus objetivos finales la superación de la pobreza, la sostenibilidad y la competitividad de la agricultura nacional.

En cuanto a los usuarios, clasifica como pequeño agricultor aquel que realiza la explotación de una superficie no mayor a 12 hectáreas de riego básico (HRB), una cantidad de activos no superior a las 3.500UF (US\$147.553) y que percibe ingresos provenientes principalmente de la actividad agrícola.

En cuanto a las funciones desempeñadas por INDAP se establecen tres formas de apoyo: asistencia técnica y capacitación de beneficiarios, asistencia crediticia directa y/o asistencia crediticia a las organizaciones de los beneficiarios (hasta el 95% del valor bruto del proyecto de inversión). Para lo anterior,

INDAP cuenta con múltiples programas de fomento, dentro de los cuales destaca el Programa de Desarrollo Local, encargado del apoyo productivo principalmente de los usuarios pertenecientes a la AFC.

Programa de Desarrollo Local (PRODESAL).

PRODESAL inicia en el año 1996 con el fin de apoyar la pequeña agricultura con un menor grado de desarrollo productivo, no más de 5 HRB (INDAP, 2008).

El programa es ejecutado fundamentalmente por los municipios seleccionados por INDAP mediante un concurso público. Estos eligen un equipo de trabajo integrado por profesionales y técnicos del ámbito silvoagropecuario, que presten servicio permanente a los usuarios (PUC, 2010).

El programa está dirigido a tres tipos de usuarios, según el objetivo y nivel productivo en el que se estén desarrollando (INDAP, 2010a). Estos corresponden a:

- Autoconsumo: usuarios cuyo principal destino de la producción es el autoconsumo familiar y subsistencia (sobre el 50%).
- Transición: usuarios que se encuentran en proceso de superar la etapa de autoconsumo y subsistencia, produciendo, además del consumo familiar, una proporción de excedentes destinados a la venta.
- Comercial: usuarios para quienes el destino principal de su producción es realizar emprendimientos de negocios orientados a mercados más formales.

Características de los usuarios. En el estudio «Caracterización de usuarios Prodesal» publicado el año 2009 por INDAP, se muestra

que para el año 2008 el 79% de los usuarios cuentan con la Ficha de Protección Social (FPS) utilizada por Chile Solidario, demostrando su vulnerabilidad. Por otra parte, el 60% de los mismos no posee activos rurales ni urbanos, lo cual es consistente con la característica de pertenecer a la población de menores recursos. En cuanto a su tipo de producción, el 59% corresponde a agricultores de autoconsumo, mientras que el 41% se encuentran preferentemente vinculados al mercado.

Financiamiento y presupuesto. Las acciones del Programa son cofinanciadas por INDAP y los recursos aportados por las entidades ejecutoras. En este aspecto tenemos los recursos aportados por INDAP, más los otorgados por los municipios (10% del aporte INDAP) dependiendo del tamaño y ubicación geográfica de la Unidad Operativa, teniendo en cuenta que las zonas aisladas, insulares o de condiciones especiales poseen un financiamiento superior para cubrir mayores costos de implementación (INDAP, 2010b).

Entrevistas a informantes claves

Considerando los datos recopilados, con el fin de obtener información de primera mano sobre la aceptabilidad de un modelo de compras públicas de alimentos a la AFC para la educación escolar en Chile, se realizó un total de 64 entrevistas a tres categorías de agentes que potencialmente estarían implicados en su implantación: a) pequeños productores (30), b) apoderados (31) y c) responsables de comedores escolares (3). Dichas encuestas se llevaron a cabo en la provincia de Colchagua, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins. La elección de esta zona sobre otras posibles se debe a que en ella podemos encontrar una importante cercanía geográfica entre productores agrícolas y consumidores.

Si bien el número de encuestas realizadas no corresponde a una muestra estadísticamente representativa, permite realizar un pre-sondeo y sentar las bases de lo que podría ser un estudio más exhaustivo. En este contexto, a continuación, se exponen los principales resultados de entrevistas por segmento.

Entrevistas a productores

Mediante la información obtenida del Censo Agropecuario y Forestal del año 2007 se seleccionaron las comunas de la Provincia del Colchagua con mayor producción de hortalizas, debido a su importancia en la dieta escolar. Estas son: Chépica (882,19 ha.), Chimbarongo (1338,52 ha.) y Santa Cruz (577,15 ha.).

Los productores accedieron a contestar la encuesta de forma anónima. Los resultados más importantes se revelan a continuación.

Tipo de producción. Dentro de los entrevistados, el 33,33% tenían más de un cultivo en su predio, mientras que el 46,67% presentaban solo un cultivo y el 13,33% se dedicaban a la producción de huevos. La superficie productiva promedio es de 2,15 ha., donde 12 agricultores presentan una superficie mayor a 1ha., 9 muestran una superficie menor a 1ha y 5 poseen un tamaño aproximado de 1ha. Para los productores de huevos esta variable no se consideró.

Destino de la producción. En cuanto al destino de la producción, el 90% se dedica al comercio; el 3,33% al autoconsumo y el 6,67% indicaron que su producción tiene doble propósito: autoconsumo y comercio (Figura 1). Dentro de los que comercializan el 76,67% lo hacen a ferias locales y de otras regiones, así como también a vecinos y/o de forma ambulante en la zona. Del resto, el

20% vende sus productos a instituciones (ej. Copeval, Coagra, Cinta Azul).

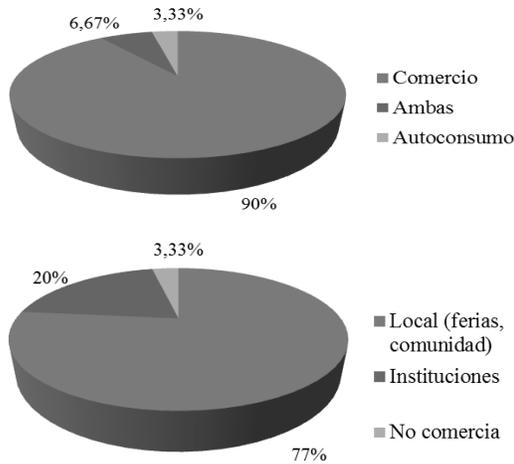


Figura 1. Destino de la producción
Figure 1. Production target

Implementación del Programa de Adquisición de Alimentos. Del total de los entrevistados, un 100% afirma que estaría dispuesto a participar del programa e invertir para mejorar la calidad, inocuidad y cantidad de su producción. Dentro de las herramientas necesarias para realizar esta inversión se mencionaron con gran frecuencia financiamiento y terreno (73,34%).

Aspectos positivos y negativos. Dentro de los 30 entrevistados, los puntos positivos de la propuesta más señalados fueron: «contrato seguro y seriedad» (96,67%); «mejora en los precios y aumentar ingresos» (26,67%); «aumentar el nivel de producción» (6,67%) y «disminuir el monopolio» (3,33%). Solo el 30% percibió aspectos negativos, los temas señalados son: «incumplimiento de compra, plazos y pagos»; «rechazo de productos o un porcentaje alto de desecho» y «el requisito de inicio de actividades».

Exigencias. Los requerimientos de los productores para participar en el Programa se agruparon en 5 categorías: forma de pago

oportuna y en efectivo (73,33%); seguridad de contrato serio y cumplimiento (40%); precio y su mantención (20%); y transparencia tanto del proceso como del control de calidad (3,33%)

Entrevistas a apoderados

Se entrevistó a apoderados y encargados de cocina de 3 establecimientos educacionales ubicados en las mismas comunas del origen de los productores en la muestra. A continuación los principales resultados de las entrevistas.

Identificación. La mayor parte de las familias de los apoderados entrevistados (35,48%) tienen dos hijos; 25,8% tienen un hijo y otro 25,8% tienen tres hijos. El porcentaje restante se dividía entre familias de cuatro y cinco hijos. En cuanto a residencia, del total de entrevistados, el 55% declaró que la vivienda familiar se ubicaba en la zona urbana, mientras que el 45% restante reside en la zona rural.

Obtención de alimentos. En cuanto a la obtención de alimentos, el 64,52% de las respuestas se concentraron en supermercados y ferias conjuntamente, el porcentaje restante se divide en un mix que incluyen almacenes, verdulerías y supermercado conjuntamente. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Obtención de los alimentos.

Table 1. Obtaining food	
Origen	Número de familias
Solo ferias	
Solo supermercados	
Ferias y supermercados	1
Supermercados y	10
almacenes	9
Ferias, almacenes y	3
supermercados	7
Supermercados y otros (verdulería)	1

Prioridad en la compra de alimentos. Para esta pregunta se indicaron cuatro parámetros (precio, calidad, origen y apariencia) a medir a la hora de comprar los alimentos. El análisis de los resultados arrojó que la variable considerada como más importante era el precio (58%); seguida por la calidad (32,3%); el origen (6,5%); y por último la apariencia (3,2%).

Opiniones del actual sistema de alimentación escolar. En esta categoría el 19,35% de los entrevistados se declaró indiferente, mientras que el 54,83% indicó que era buena. Dentro de estos, el 29,03% señaló como posible mejora aumentar las porciones y la cantidad de verduras incluidas en ellas. Del porcentaje restante, las opiniones negativas fueron: «ración pequeña» (12,9%); «problemas en la repartición de raciones» (9,67%); «falta de etiquetado sobre el origen de los productos» (3,22%).

Opiniones de la nueva propuesta. El 67,74% de los entrevistados omitió este ítem, mientras que el 32,25% indicó estar a favor, señalando como argumentos que era una iniciativa saludable, otorgaría alimentos más frescos, apoyaría la agricultura y que entregaba mayor seguridad en el consumo.

Participación en el Programa. La totalidad de entrevistados considera la propuesta como una herramienta para el desarrollo de la comunidad, el 93,54% considera que los alimentos locales son más saludables; y el 96,77% estaría dispuesto a participar en el modelo. De hecho, el 74,19% declaraba que pagaría una cantidad adicional porque la iniciativa estuviera en marcha (Tabla 2).

Tabla 2. Disposición a pagar por nuevo modelo

Table 2. Willingness to pay for new model.	
Rangos de pago diario (CLP)	Número de apoderados
0	8
100-500	9
501-1000	13
1100-2000	1

Aspectos positivos y negativos. De un total de 31 entrevistados, el 80,65% señaló aspectos positivos relativos a la iniciativa como: alimentos más sanos, frescos y de mejor calidad (61,29%); apoyo a la agricultura de la zona (16,13%); y entrega de alimentos a buena hora (3,23%). Solo un 29,03% señaló aspectos negativos como: atrasos en la entrega (19,35%); problemas de abastecimiento (6,45%); y poca o nula supervisión (3,23%).

Exigencias. En este ítem de un total de 31 entrevistados, 30 (96,77%) señalaron exigencias para la implementación, tales como: control, fiscalización y entrega a tiempo (45,16%); calidad, nutrición y alimentación saludable (41,93%); y porción más abundante (9,68%).

Entrevista a responsables de cocina en comedores escolares

Como ya fue señalado, estas entrevistas se llevaron a cabo en tres establecimientos educacionales. Los resultados se detallan a continuación.

Funcionamiento. Los tres establecimientos presentaban completa equipación de la cocina, además de manejar un presupuesto y menú determinado por JUNAEB. En cuanto a las normas de calidad y sanidad se rigen por las impuestas por el Ministerio de Salud y JUNAEB.

Participación en el programa. La totalidad de los establecimientos señalaron su disposición a participar, apoyar esta iniciativa como una herramienta de impulso local, recibir fiscalización y manifestaron confianza frente a los alimentos locales.

Aspectos positivos y negativos. Los responsables de comedores de las tres entidades señalaron como características positivas de la iniciativa el tener «alimentos más frescos, sanos y de calidad»; «impulso a

la agricultura de la zona»; «cercanía a los centros abastecedores de alimentos» y «mayor coordinación de los procesos y entregas». Como aspecto negativo una de las cocinas manifestó el posible atraso en las entregas de alimentos.

Exigencias. Estas consistieron en la fiscalización y vigilancia de la cadena productiva, el cumplimiento de entregas y normas sanitarias correspondientes.

Análisis FODA

Finalmente, con toda la información recopilada mediante los PAE brasileño y chileno y los resultados de las entrevistas, junto con el apoyo de expertos en el área de agronegocios y políticas públicas, se procedió a realizar un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) relativo a la propuesta de incorporar las compras a la AFC en la alimentación escolar en Chile.

Fortalezas. Chile cuenta con un sistema de alimentación escolar coordinado por JUNAEB en funcionamiento, por lo que se tiene experiencia en el área y se cuenta con recursos logísticos. Además, los establecimientos educacionales cuentan con las estructuras y conocimientos adecuados en la manipulación de alimentos para entregar la alimentación.

En el área de producción agrícola de pequeña escala, también existe una institución, INDAP, que trabaja con este sector, por lo que se puede contar con contactos y experiencia en el trato con pequeños agricultores. Por otro lado, este sistema permite una mayor estabilidad económica al pequeño productor, al asegurar la venta de producción, generando nuevas oportunidades de ingresos y, en caso de incluir asesoría, el aumento de la productividad del mismo. Además, existe la posibilidad de contar con un sistema de

compra sin licitación, lo que incentivaría a los productores a participar de la iniciativa.

En general, este sistema podría permitir mejorar la alimentación escolar dado que aumentarían las exigencias de calidad por parte de la población, ya que al recibir alimentos más frescos, producidos en la zona, se genera un cierto sentido de identidad y cercanía de los consumidores con los agricultores.

Debilidades. Las principales debilidades al implementar el modelo que se plantea son las posibles fallas en el abastecimiento por problemas en la producción y/o en el cumplimiento de las cuotas, así como la poca variedad de productos. Por otro lado se encuentra la dificultad de gestión por parte de los agricultores para cumplir las normas de calidad. Adicionalmente, se debe considerar la posible oposición de las concesionarias al cambio del sistema, así como la eventual demora y costos adicionales de coordinación y financiamiento, entre otros.

Oportunidades. Existen proyectos en el extranjero con buenos resultados, lo que puede servir de guía a la hora de diseñar e implementar la iniciativa, al contar con la experiencia de terceros en el tema. Por el lado de los actores involucrados en la cadena se puede establecer, según las entrevistas, que existiría una buena disposición *a priori* de participar del proyecto. A esto se suma la vigencia de campañas educativas para incentivar el consumo de alimentos sanos y una mayor organización y experiencia para elevar solicitudes relevantes para el sector (ej. proyectos de riego, asesorías técnicas...) por parte de los agricultores.

Amenazas. Existe competencia directa con ferias y otros canales de comercialización donde los productores pueden vender sus productos, lo que podría dificultar el abastecimiento. A su vez, podría generarse una preferencia por otras iniciativas que potencien la agricultura local, además del

inminente poco interés en la iniciativa una vez puesta en marcha a nivel nacional, producto de la baja preocupación por la procedencia de los alimentos. Por el lado gubernamental es posible una carencia de intención en realizar los cambios institucionales eventualmente necesarios para implementar el nuevo sistema.

Este análisis permite inferir, que en el área agrícola, se deben examinar las opciones de cultivos y/o rotaciones en las zonas implicadas, para generar una mayor variedad y estabilidad en la producción; mantener la ayuda mediante asesorías técnicas y financieras ya existentes (INDAP) y explorar su ampliación o posibilidad de generar mecanismos adicionales. De la misma forma, se debe considerar la implementación de tecnologías, como invernaderos, a una escala que la AFC pueda manejar y cuya ejecución sea económicamente viable. Por otro lado, políticas de precio justo son necesarias para lograr la fidelización y fortalecimiento del sector productivo, así como también disminuir la competencia por la compra de alimentos desde la AFC por otros sectores.

En cuanto a la aceptación por parte de los implicados, se debe buscar apoyo en las campañas educativas existentes acerca de la alimentación sana y adaptarlas de acuerdo con las características del modelo (identidad con la comunidad, desarrollo local, entre otros) de tal forma que mantengan y generen interés.

4. CONCLUSIONES

Chile presenta un gran potencial para la implementación de un modelo de compras públicas desde la agricultura familiar campesina, para el consumo social en establecimientos educacionales.

En primer lugar, se cuenta con la existencia actual de un sistema de alimentación, y con ello, las directrices fundamentales y experiencia para su correcto funcionamiento. En el modelo presente es posible establecer criterios sociales en la selección de las concesionarias actualmente encargadas del abastecimiento de las escuelas, tales como la incorporación de un porcentaje mínimo de compras de materias primas desde la pequeña agricultura.

Por otro lado, se encuentra la pequeña agricultura, que con los mecanismos de incentivo como financiamiento, asesorías y seguridad en los contratos haría viable la conformación del eslabón productivo del sistema. Sin embargo, es necesaria la presencia de una institución encargada de otorgar las líneas de financiamiento y asesorías, así como también el control y fiscalización de las prácticas utilizadas procurando alimentos con la regularidad, inocuidad y calidad requerida.

El sistema de alimentación actual cuenta con un marco regulador en el funcionamiento de los contratos, operaciones y aspectos sanitarios. Para la implementación de la nueva iniciativa es necesaria la ampliación de ese marco legal, incluyendo: los nuevos criterios de compras en el caso de las concesionarias; condiciones de contrato como la oportunidad en el pago y la determinación de precios, entre otras bases generales, para generar los resguardos básicos para cada uno de los participantes en el aspecto de la adquisición de alimentos; la introducción de parámetros de calidad, así como la generación de medidas de control y fiscalización en los alimentos al sector productivo; y la retroalimentación constante sobre las actividades y funcionamiento de cada parte involucrada en el modelo.

REFERENCIAS

- Banco Mundial (2008). *World development report 2008: Agriculture for development*. DOI: 10.1596/978-0-8213-7235-7
- Cervato-Mancuso A., Morales G. y Pava, A. (2013) Grupo focal con nutricionistas que actúan en la alimentación escolar: el menú como elemento pedagógico. *Revista chilena de nutrición*, 40(3), 250-255.
- Compañía Nacional de Abastecimiento Gobierno de Brasil (2005). *Apoio à comercialização da agricultura familiar: Programa de Aquisição de Alimentos*. Recuperado de: <http://www.fnpe.gov.br/index.php/ae-encontros-tecnicos>
- Da Cunha, D., Assunção R., Ribeiro, R., De Lacerda, L. y Stedefeldt, E. (2013). Métodos para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar: validación de la tarjeta lúdica. *Revista chilena de nutrición*, 40(4), 357-363.
- Dirección de Presupuestos Gobierno de Chile (2012). *Balance de Gestión Integral Año 2012: Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas*. Chile: DIPRES.
- Figueroa, D. y Lucema S. (2005). La alimentación escolar analizada en el contexto de un programa. *Revista Costarricense de salud pública*, 14(26), 28-29.
- Fondo Nacional para el Desarrollo de la Educación Gobierno de Brasil (2012). *Programa de Alimentación Escolar*. Recuperado de: <http://www.fnpe.gov.br/index.php/programas-alimentacao-escolar>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2007). *La agricultura familiar en los países del Cono Sur*. Asunción: IICA.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario Gobierno de Chile (2008). *Normas técnicas y procedimientos operativos del Programa de Desarrollo Local, PRODESAL*. Santiago: INDAP. 56p.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario Gobierno de Chile (2009). *Marco Programa de Desarrollo Local*. Santiago: INDAP.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario Gobierno de Chile (2010a). *Caracterización de usuarios y rubros*. Recuperado: <http://www.indap.gob.cl/Prodesal/Paginas/Caracterizaci%3b3nUsuariosyRubros.aspx>
- Instituto de Desarrollo Agropecuario Gobierno de Chile (2010b). *Financiamiento del Programa de Desarrollo Local*. Recuperado de 2012 de: <http://www.indap.gob.cl/Prodesal/Paginas/Presupuesto.aspx>
- Instituto Nacional de Estadísticas Gobierno de Chile (2007). *VII Censo Agropecuario y Forestal 2007: Superficie cultivada con hortalizas, año agrícola 2006/2007, por sistema de cultivo, según región, provincia y especie*. Recuperado de: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07_comunas.php
- Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas Gobierno de Chile (2008). *Bases Técnicas y Operativas Programa de Alimentación Escolar, Licitación PAE 25/2008*. Chile: JUNAEB.
- Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas Gobierno de Chile (2014). *Programa Alimentación Escolar*. Recuperado de: <http://www.junaeb.cl/programa-de-alimentacion-escolar>
- Márcia R. (2010). *Reconectando a produção ao consumo: a aquisição de gêneros alimentícios da agricultura familiar para*

- o Programa de Alimentação Escolar.* Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- Ministerio de Desarrollo Agrario Gobierno de Brasil (2012). *FOME ZERO (Programa Hambre Cero): La Experiencia Brasileña.* Brasilia: MDA. 388p
- Ministerio de Desarrollo Agrario Gobierno de Brasil (2014). *Programas: Crédito Rural.* Recuperado de: <http://portal.mda.gov.br/portal/saf/programas/pronaf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2006). *Brasil, Hambre Cero: Principales Lecciones.* Santiago: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Banco Interamericano de Desarrollo (2007). *Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe.* Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/politicafresu.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). *Alimentación escolar y las posibilidades de compra directa de la agricultura familiar: Estudio de caso de ocho países.* Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/018/i3413s/i3413s.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2012). *Implementando compras públicas sostenibles. Introducción al enfoque de PNUMA.* Recuperado de: http://www.unep.org/resourceefficiency/Portals/24147/scp/10yfp/document/SPguidelines_SP_27.07.12.pdf
- Pontificia Universidad Católica de Chile (2010). *Evaluación de Impacto de los Programas de INDAP: Programa de Desarrollo Local – Programa de Desarrollo de Comunas Pobres.* Santiago: PUC.

LA DESCENTRALIZACIÓN EN COLOMBIA, ¿REALIDAD O ESPEJISMO? CONSIDERACIONES SOBRE LA ACTUALIDAD DEL PROCESO

Decentralization in Colombia: reality or mirage? Considerations on the current process

Jorge Enrique Asela Molina

Economista por la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. jorgeasela@hotmail.com

Cómo citar / How to cite

Asela, J. (2015). La descentralización en Colombia, ¿realidad o espejismo? Consideraciones sobre la actualidad del proceso. *Revista CEA*, 1(1), 65-74.

Recibido: 22 de abril de 2014

Aceptado: 21 de julio de 2014

Resumen

En artículo tiene, como primer objetivo, explicar el modelo descentralizado desde un punto de vista teórico, considerado los aportes de diferentes autores de la teoría económica, haciendo principal énfasis en los avances de los aspectos políticos y económicos, en lo correspondiente al manejo del Estado. Como segundo objetivo, se realizará una mirada más cercana al proceso de descentralización en Colombia, partiendo desde la Constitución de 1991, algunos de sus avances, retrocesos y desafíos en la actualidad. Finalmente, se presentará un breve análisis sobre la dependencia de los entes territoriales a los recursos que por transferencias entrega la Nación, esto a través de la descripción del indicador de dependencia intergubernamental planteado por el DNP.

Palabras clave: descentralización política, descentralización fiscal, dependencia.

Abstract

In this article we will try to explain, as a first objective, the decentralized model from a purely theoretical point of view, considered from the contributions of different authors of economic theory, with special emphasis on the progress of political and economic aspects, concerning the management of the Estate. The second objective of this paper is to take a closer look of the decentralization process in Colombia, starting with the Constitution of 1991, some of its achievements, setbacks and current challenges. Finally, this paper will briefly discuss how much local authorities depend on the funds allocated via transfers done by the Estate, this will be done through the measure description intergovernmental dependence proposed by DNP.

Keywords: Political Decentralization, Fiscal Decentralization, Dependency.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso secular vivido en Europa generó la pérdida del carácter sacro de las monarquías y su designación divina para gobernar territorios, dando origen al surgimiento de los Estados-nación en el siglo XIX. Es allí donde encuentran su origen los sistemas de organización estatal como estructura fundamental de las nacientes naciones, los modelos centralista y de descentralización emergen como las alternativas a elegir.

Las crisis de endeudamiento económico así como la vuelta de las democracias, tras la caída de las dictaduras militares en las décadas de los setenta y ochenta, pusieron en evidencia en América Latina una lucha entre el modelo centralista y el descentralizado, dicha lucha comenzó a dar un giro hacia el segundo, en lo concerniente a la forma de composición del Estado. El proceso de descentralización trajo consigo ventajas claras, ya que poco a poco –con la evolución de los procesos económicos y el surgimiento de diferentes necesidades en los territorios– fue visto como el más apropiado para dar solución a las necesidades emergentes.

El surgimiento de nuevos servicios públicos, el incremento poblacional, entre otros factores, resultaron claves en la elección de un modelo descentralizado por las naciones. Fundamentos del modelo de descentralización como la participación ciudadana en los procesos de elección de gobernantes y la cercanía de estos con las comunidades, hicieron más eficiente la provisión de bienes y servicios públicos para las localidades, lo que demostró la importancia del proceso a la hora de gobernar y ejecutar los recursos.

Siguiendo este marco, la primera parte del artículo intenta dar un repaso teórico al proceso de descentralización como modelo administrativo de manejo del Estado, mostrando sus aportes a los procesos

políticos y económicos. A su vez, se presentan la revelación de preferencias de los individuos como factor importante en el proceso, visto como fundamento de la elección de gobernantes y ejecución de recursos.

En la segunda parte, se intenta dar una mirada al proceso de descentralización colombiano desde la Constitución de 1991, mostrando algunos de los avances, retrocesos y desafíos que este ha enfrentado hasta la actualidad; y finalmente, se presentará un breve análisis sobre la dependencia intergubernamental en el marco de la descentralización fiscal en Colombia, tomando como referencia el indicador de dependencia intergubernamental planteado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

2. LA DESCENTRALIZACIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA Y EL PAPEL DE LA REVELACIÓN DE PREFERENCIAS

Se debe entender por descentralización aquel modelo de manejo del Estado, que en las últimas décadas del siglo XX e inicios del siglo XXI, ha tenido mayor correspondencia como forma de plantear el desarrollo *desde adentro hacia fuera*. Esto realizable a través del plano político y económico.

Prestando atención al plano político, en primera instancia, la descentralización reconoce a los entes subnacionales (término que designa las divisiones territoriales que poseen los Estados soberanos en cualquier nivel, habitualmente con carácter político-administrativo) la potestad de crear organismos públicos territoriales que le permitan garantizar la prestación y provisión de bienes y servicios públicos, además de reconocer una autonomía fiscal.

En el plano económico, esta se enfoca, como bien lo explica Finot, en «trasladar las decisiones sobre asignación de factores de producción desde mecanismos político-administrativos hacia la competencia económica» (Finot, 2001, p. 61). Este traslado de decisiones permite a los entes subnacionales minimizar el riesgo proveniente de los vicios del gobierno central tales como la ineficiencia, tamaño, capacidad de reacción; principales generadores de desequilibrios fiscales y sociales.

El proceso de descentralización cuenta con una gran ventaja para los entes subnacionales, ya que como lo mencionamos anteriormente otorga autonomía administrativa y fiscal. Esto puede permitir a los órganos territoriales actuar con mayor prontitud y eficiencia ante las dificultades y requerimientos que se generan en sus territorios.

La cercanía con la comunidad resulta ser el factor clave para que el proceso de descentralización pueda llegar a ser exitoso. Dicha cercanía permite una mejor lectura de las preferencias de los individuos, lo cual garantiza un mejor uso de los recursos y una mejor prestación de bienes y servicios públicos, principal objetivo de la hacienda pública. La garantía depende de factores en los entes territoriales como la capacidad administrativa, técnica e instalada, la cual incluye aspectos como la dotación de recursos físicos, humanos, tecnológicos y maquinaria y equipo; esto en el marco de autonomía y responsabilidad en su gestión.

Surge entonces la disyuntiva entre los individuos a la hora de elegir la localidad donde desean instalarse. Para resolver este dilema, Tiebout (1956) propone que la provisión de bienes y servicios públicos sea el determinante a la hora de tomar esta elección, ya que los individuos se desplazan a las localidades que mejor satisfacen sus

requerimientos en cuanto a la prestación de bienes colectivos.

Ahora bien, surge la inquietud, ¿cómo los individuos revelan sus preferencias? Para responder a esa pregunta es importante definir que es un bien colectivo. (Samuelson (1954) define un bien público como aquel que no se encuentra regido por el mercado y cumple con dos características esenciales: (i) la no exclusión y, (ii) la no rivalidad. Estas características hacen referencia, en primer lugar, a que la capacidad de pago de un individuo no puede ser una restricción para adquirirlo; y el segundo, a que la disponibilidad del bien no se ve afectada por el consumo de otra persona.

Otra definición acertada sobre este tipo de bienes es la que otorga Musgrave (1959), el cual divide a los bienes colectivos de dos maneras, las necesidades sociales y los bienes meritorios:

- Las llamadas *necesidades sociales* tienen como principal característica cumplir el principio de indivisibilidad, lo cual indica que la prestación de estos bienes o servicios se hace de manera colectiva, pues no se puede distribuir en porciones precisas e individuales, ejemplo claro de este tipo de bienes y servicios son la justicia y la defensa nacional; además no cumplen con el principio de exclusión. Por último, la revelación de las preferencias de este tipo de bienes no se manifiesta a través del sistema de precios sino por medio de un proceso político.
- A su vez, Richard Musgrave citado por Restrepo (2001) define los bienes meritorios como aquellos que «se consideran tan meritorios que su satisfacción se hace a través del presupuesto público, adicionalmente a lo que se suministra del mismo bien a través del mercado y es pagado por los compradores privados» (2001, p. 28).

Los bienes meritorios no cumplen con claridad los principios de indivisibilidad y exclusión, un ejemplo claro de este tipo de bien es la educación.

Dadas las características de estos bienes, queda claro que la revelación de las preferencias no se da a través del mercado. Es por esto que Albert Hirschman (1970) propone un modelo que reemplaza al mercado en la revelación de las preferencias de los individuos. Este modelo se encuentra fundamentado en la rendición de cuentas por parte de los entes subnacionales, a los individuos. Esto se puede dar a través de dos formas: la primera, por medio de la creación de veedurías ciudadanas; y la segunda, por medio de un mecanismo que Hirschman llama *exit*, el cual plantea la existencia de más de un proveedor de bienes colectivos, lo que genera cierto grado de competencia y una gama más amplia de escogencia para los consumidores. Es de mencionar que los proveedores de bienes públicos no solo buscan un beneficio de carácter económico, ya que la correcta provisión y prestación de bienes y servicios públicos en la localidad puede generar un beneficio político para su proveedor.

En el mismo sentido –sobre la revelación de las preferencias de los individuos– Oates, citado por Ruiz (2000), plantea que la revelación de las mismas se presentan a través de un proceso político y no de mercado, ya que los consumidores debido a las diferentes restricciones que se generan, no pueden elegir la jurisdicción donde prefieren vivir, pero sí «mediante el proceso político la estructura fiscal y el régimen impositivo y los bienes públicos que prefieren, a partir de la elección sobre un conjunto de gobernantes que constituyen sus posibilidades de consumo» (2000, p. 14).

Al contar con elementos entre los cuales se encuentran: una mayor cercanía con la

comunidad, un accionar más ágil a la hora de atender emergencias, el mejor entendimiento de las preferencias de los individuos, un control político más vinculante; hacen que el modelo de descentralización sea el más idóneo como forma de estructurar el Estado.

3. EL PROCESO DE DESCENTRALIZACIÓN EN COLOMBIA, AVANCES, RETROCESOS Y DESAFÍOS

A partir de la apertura económica en Colombia, llevada a cabo a inicios de los años noventa, el proceso de descentralización se consolida con la instauración de la Constitución Política de 1991. Esta, en su artículo 1, proclama lo siguiente: «Un Estado social de derecho, organizado en forma de república unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista...» (Constitución Política de Colombia, 1991, p. 3).

En la Constitución se presentan grandes cambios en temas como la orientación política, territorial, distribución de competencias y funciones entre los distintos niveles de gobierno, distribución de recursos entre el gobierno central y los entes territoriales, procesos de planeación y presupuesto público y sistemas de control fiscal.

Los cambios promovidos en la Constitución de 1991 plantearon nuevos retos para los departamentos y municipios, cambios en las competencias y funciones fueron reglamentados bajo la Ley 60 de 1993, la cual plasmó el rol que los entes territoriales y el gobierno central entrarían a desempeñar dentro del accionar de las políticas públicas. Estas funciones y competencias serán planteadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Competencias y funciones bajo la Ley 60 de 1993. Sectores Sociales.

Table 1. Powers and functions under the Act 60 of 1993. Social Sectors.

Sector	Nivel Central	Nivel Departamental	Nivel Municipal
Rol General	Formular políticas. Distribuye y transfiere recursos del situado fiscal. Administra los fondos de cofinanciación. Aconseja a las entidades territoriales. Evalúa la prestación de servicios.	Planea, administra y distribuye recursos entre los municipios. Provee ayuda financiera y aconseja a los municipios.	Provee los servicios básicos: salud y educación en el primer nivel, agua potable y sanidad, vivienda y otros, que indica la ley.
Educación	Deja de ser responsable de asuntos administrativos relacionados con educadores nacionales. Determina salarios de acuerdo con la ley. Conduce el seguimiento y los servicios de evaluación.	Planea, administra y coordina servicios educativos. Administra y entrena a los profesores de acuerdo con la ley. Transfiere gradualmente funciones a los municipios. Administra fondos de cofinanciación para los municipios con recursos locales.	Administra la educación pre-escolar, primaria y secundaria de acuerdo con los términos de cambio departamental. Hace inversiones necesarias en infraestructura, equipos y mantenimiento de centros educativos.
Salud	Promueve y coordina campañas nacionales y programas para salud básica y sanidad. Desempeña todas las demás funciones establecidas por la Ley 10 de 1990.	Los servicios son prestados a través de hospitales regionales especializados y universitarios. Conduce campañas en coordinación gracias al nivel central. Desempeña todas las demás funciones establecidas en la Ley 10 de 1990.	Promueve tratamiento preventivo y rehabilitación de pacientes en el primer nivel. Provee servicios médicos a través de hospitales locales y clínicas, y a través de actividades relacionadas con sanidad ambiental.
Vivienda	Promueve ayuda técnica a entidades locales. Deja de asumir programas de construcción. Provee subsidios a programas municipales.		Define la regulación para el desarrollo urbano. Promueve y participa en proyectos de vivienda social. Provee subsidios a vivienda a los más necesitados.
Sanidad básica	Conduce programas de asistencia técnica para entidades territoriales. Cofinancia y provee créditos.		Provee servicios (directa o indirectamente, a través de contratos con el sector privado). Conduce proyectos para construcción y expansión de acueductos y alcantarillados. Garantiza la prestación de servicios básicos rurales de sanidad, limpieza urbana, saneamiento de mataderos y plazas de mercado.

Fuente: Lleras y Posada. Descentralización política, fiscal y administrativa después de la Constitución de 1991

A su vez la Constitución define al municipio en el artículo 311 de la siguiente manera:

[El municipio es una] entidad fundamental de la división político-administrativa del Estado [que] le corresponde prestar los servicios públicos que determine la ley, construir las obras que demande el progreso local, ordenar el desarrollo de su territorio, la participación comunitaria, el mejoramiento social cultural de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la Constitución y las leyes (Constitución Política de Colombia, 1991, p. 182).

Con el pasar de los años, y teniendo como fundamento la Constitución de 1991, se realizaron varios cambios en lo referente a las funciones de los distintos niveles de gobierno y sus competencias, además de la disposición de recursos vía transferencias del gobierno central. Estas transformaciones y cambios en las responsabilidades de los diferentes niveles de gobierno se presentaron en las leyes 60 de 1993, 715 de 2001, y 1176 de 2007. En la siguiente Tabla 2 se podrá ver la asignación de los recursos en las diferentes leyes:

El proceso de descentralización en Colombia contó con gran éxito en el plano político, la escogencia vía voto popular de alcaldes y gobernadores representó un gran avance para la prestación eficiente de los bienes y servicios colectivos que la comunidad desea para su localidad. A pesar de este éxito, el proceso político dentro de la descentralización no está exento de dificultades, la corrupción de los procesos electorales son el principal reto que se presenta en este plano, si bien esta no es inherente al proceso de descentralización si no a la sociedad que lo converge, cabe mencionarlo como una amenaza.

Actualmente, la discusión sobre la descentralización en Colombia, encuentra su principal punto en torno a la sostenibilidad

fiscal y la eficiencia en el manejo de los recursos por parte de los entes territoriales.

Analizando el modelo de Estado colombiano, es visible que es un modelo híbrido, ya que no cumple con las características propias del proceso de descentralización en el plano fiscal. Por un lado, el gobierno central otorga facultades a los entes territoriales para la cobranza de rentas que solventen o ayuden a estos para el ejercicio de sus funciones, y a su vez, contribuye por medio de transferencias con recursos para promover las políticas de orden nacional.

Aun cuando en teoría se presente una autonomía administrativa y política, la práctica evidencia una realidad completamente distinta, esto debido a que la planeación y el desarrollo de las políticas se encuentran regidas en buena medida por el gobierno central, que es quien decide en qué rublos y porcentajes se invierten los dineros que vía Sistema General de Participación (SGP) llegan a los entes territoriales.

Al mismo tiempo, los diferentes programas y agencias del gobierno central (como el Departamento de Prosperidad Social - DPS) cuentan con una presencia fuerte en las políticas municipales, lo que de una u otra forma hace que se desvirtúe la presencia de los gobernantes locales y sus políticas. Esto repercute en una clara pérdida de autonomía sobre las decisiones político-administrativas de los entes municipales, siendo esta presencia un refuerzo de la imagen del gobierno central como factor de poder en los entes territoriales. Una de las posturas más generalizadas sobre el proceso de descentralización en Colombia es la planteada por Jorge Asela y Sandra Hernández (2011), en la cual se evidencia los retrocesos en el proceso descentralización colombiano. El retroceso llega a tal punto, que se puede referir a un proceso de recentralización de recursos, argumentado por parte del gobierno central en la ineficiencia administrativa en el manejo de

los recursos. Ejemplo claro es la aprobación de la Ley de Regalías y la creación del SGR (Sistema General de Regalías).

Una de las causantes de esta postura por parte del gobierno central podría deberse a la capacidad de absorción y de gestión de los entes territoriales, que actualmente se encuentra superada por el proceso de descentralización, lo que repercute en ineficiencia en la ejecución de las responsabilidades de los entes subnacionales. Es por ello que los diferentes niveles de gobierno han implementado políticas de fortalecimiento institucional a través de capacitaciones de nivel administrativo y gerencial, implementadas por las mismas territorialidades o los entes que las aglomeran (Federación Colombiana de Municipios, Federación Nacional de Departamentos). Este tipo de acciones le permiten a las territorialidades contar con mayores capacidades administrativas que

puedan garantizar un uso más eficiente de los recursos.

En definitiva, el proceso de descentralización en Colombia, en los últimos 20 años, trajo consigo grandes contribuciones para el país en el plano político, avances en participación democrática con la elección de alcaldes y gobernadores, prestación de servicios públicos de mayor calidad y con amplia cobertura, veedurías ciudadanas como mecanismo de vigilancia sobre las acciones correspondientes a la gestión pública, son solo algunos de los aspectos positivos del proceso en Colombia. A su vez en términos de autonomía fiscal y administrativa, es otro el panorama: retrocesos en la asignación de recursos, pérdida de autonomía presupuestaria (Ley 715, 1176, Ley de Regalías) son algunas muestras del poder que aún ejerce el gobierno central sobre los entes territoriales y sus políticas.

Tabla 2. Asignación de recursos según Leyes 60 de 1993, 715 de 2001 y 1176 de 2007.

Table 2. Allocation of Resources According to Law 60 of 1993, 2001 and 1176 715 2007

Sectores	Ley 60 de 1993	Ley 715 de 2001	Ley 1176 de 2007
Educación	30%	58,5%	58,5%
Salud	25%	24,5%	24,5%
Propósito general	-	*17%	*11,6%
Agua potable y saneamiento básico	20%	41%	5,4%
Deporte, recreación y cultura	5%	7%	83%
Fonpet	-	10%	
Libre destinación	20%	42%	17%

Fuente: Elaborada por el autor con datos del DNP. La asignación de recursos de la Ley 715 de 2001 para los sectores de agua potable y saneamiento básico, deporte recreación y cultura, Fonpet y libre destinación, son derivados del total de recursos de propósito general (*17%), del mismo modo la asignación de recursos en la Ley 1176 de 2007 para los sectores de deporte, recreación y cultura, Fonpet y libre destinación son derivados del total de los recursos de propósito general (*11,6%) según disposición de ley.

4. LA DESCENTRALIZACIÓN FISCAL VISTA DESDE EL INDICADOR DE DEPENDENCIA INTERGUBERNAMENTAL

Para mostrar de manera más precisa cómo el proceso de descentralización en Colombia solo se ha dado políticamente, se preparó un análisis tomando como base el indicador de dependencia intergubernamental presentado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) para de una forma más clara, mostrar la carencia de los entes territoriales a la hora de financiar con recursos propios sus políticas, evidenciando el grado de dependencia de los mismos con el gobierno central y la ausencia de una descentralización fiscal.

El indicador de dependencia intergubernamental muestra el grado de incidencia del nivel central en los diferentes niveles de gobierno (departamentos, municipios). Esta incidencia es medida en relación con los ingresos recibidos por transferencias, más los dineros de regalía, como proporción de los ingresos totales de los entes territoriales. Lo cual se traduce en el grado de dependencia de los departamentos y municipios sobre los recursos transferidos por la nación para el financiamiento de los planes de desarrollo.

El indicador mide de 0 a 1 la incidencia de los recursos de transferencia en los ingresos totales de los municipios, siendo 1 el mayor grado de dependencia de este tipo de recursos. Para el análisis, se decidió crear tres categorías, *i)* No hay dependencia, que va desde 0 a 0,49, *ii)* Dependencia moderada, de 0,5 a 0,59 y *iii)* Dependencia mayoritaria de 0,6 a 1. Se tomó como base para los municipios el año 2012 y para los departamentos los últimos 5 años de vigencia fiscal (2008-2012).

Revisando los resultados del análisis del indicador presentado por los municipios, se observa que de los 1101 municipios, 913

cuentan con una dependencia mayoritaria de los recursos provenientes del gobierno central para el ejercicio de sus funciones y el cumplimiento de sus obligaciones; 84 cuentan con una dependencia moderada y tan solo 104 municipios no cuentan con dependencia de los recursos de la nación (ver Fig. 1). Que el 82,92% de los municipios de un país cuenten con mayoritaria dependencia de los recursos transferidos por la nación para ejercer sus funciones y que solo el 9,45% de los mismos no sea dependiente de este tipo de recursos, evidencia que el proceso de descentralización fiscal en Colombia aún está muy lejano de ser una realidad, y mientras no se avance en este campo, los municipios no podrán cumplir con eficiencia y eficacia las funciones y competencias consagradas por la ley (Ley 60 de 1993).

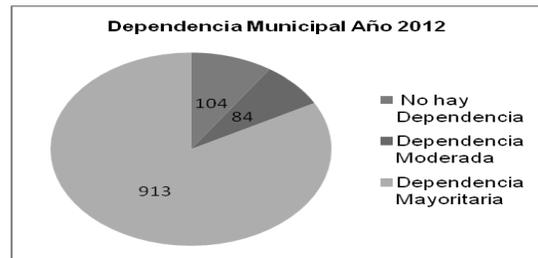


Figura 1. Dependencia municipal para el año 2012

Figure 1. Municipal Unit for 2012

Fuente: Elaborado por el autor con datos tomados del DNP

En el caso de los departamentos las cosas no son muy diferentes a lo evidenciado anteriormente para los municipios. De los 32 departamentos en el promedio de los últimos 5 años (2008-2012), 21 cuentan con dependencia mayoritaria y 5 con dependencia moderada para financiar sus planes de desarrollo; 6 departamentos no dependen en gran medida de los recursos de la nación para desarrollar sus funciones y competencias (ver Fig. 2).

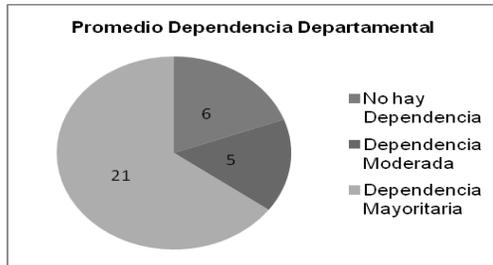


Figura 2. Promedio dependencia departamental últimos 5 años (2008-2012)

Figure 2. Average Departmental Agency Last 5 Years (2008-2012)

Fuente: Elaborado por el autor con datos del DNP

En el transcurso de esos 5 años, solo 4 departamentos no generaron dependencia de los recursos que vía transferencias y regalías entrega el gobierno central, (Antioquia, Atlántico, Cundinamarca y Valle del Cauca). Departamentos como Risaralda, San Andrés, Santander, Quindío y Caldas cuentan con una moderada dependencia, siendo Risaralda el departamento más cercano a salir de dicha posición, lo cual se puede ver en el siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Departamentos sin o moderada dependencia intergubernamental (2008-2012)

Table 3. Departments without moderate or intergovernmental agencies (2008-2012)

Departamentos	AÑO				
	2008	2009	2010	2011	2012
Antioquia	0,387	0,395	0,385	0,405	0,326
Atlántico	0,403	0,424	0,420	0,445	0,368
Cundinamarca	0,360	0,377	0,372	0,415	0,346
Valle Del Cauca	0,428	0,455	0,435	0,492	0,421
Risaralda	0,507	0,495	0,518	0,515	0,449
San Andrés	0,572	0,562	0,569	0,511	0,469
Santander	0,518	0,620	0,590	0,528	0,354
Quindío	0,524	0,570	0,556	0,545	0,541
Caldas	0,582	0,526	0,539	0,455	0,528

Fuente: Elaborado por el autor con datos del DNP

Tanto a nivel departamental como municipal, la dependencia financiera de los entes territoriales con respecto al gobierno central es elevada, lo cual ratifica la tesis sobre que la descentralización en Colombia solo se ha presentado en lo correspondiente a lo político, ya que en lo fiscal los entes territoriales son altamente dependientes de las transferencias del ente central, y lo más preocupante es que no se observa un panorama claro que muestre que se están realizando los ajustes o cambios necesarios para darle vuelta a esa dependencia.

5. CONCLUSIONES

El proceso de descentralización se constituye como el modelo más idóneo para la estructuración del Estado moderno, debido a factores como la lectura de la revelación de las preferencias de los individuos, una mayor eficiencia administrativa y una vinculación más cercana de la ciudadanía al accionar público.

La Constitución Política de 1991 se constituye como el marco legal que afianza el proceso de descentralización en Colombia, sus avances a nivel político, administrativo y

fiscal representaron un punto de partida idóneo para consolidar el proceso.

La descentralización en Colombia debe ser entendida como un proceso complejo que reúne las diferentes dinámicas, tanto sociales, económicas y culturales. Por ello debe ser influenciado y enriquecido por las diferentes visiones que componen la realidad Colombiana.

Las transferencias del gobierno central no deben ser entendidas por este como una forma de fortalecer su presencia y poder en los entes territoriales sino como algo más profundo, buscando sinergia entre las políticas nacionales y las necesidades de las comunidades.

El proceso de descentralización en Colombia es una realidad en cuanto a su concepción como marco institucional, cuenta con grandes avances a nivel político, la elección a través del voto popular de gobernadores, alcaldes y sus correspondientes órganos colegiados (concejos, asambleas) son sin ninguna duda aspectos sobresalientes dentro del proceso de descentralización, pero en el plano fiscal y de autonomía, la mayoría de los entes territoriales están limitados, lo que impide un correcto funcionamiento y cumplimiento de sus competencias.

REFERENCIAS

Asela, J. E. y Hernández, S. M. (2011). *Dinámica fiscal en Barrancabermeja: el papel de las regalías petroleras (2000-2010)*. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Constitución Política de Colombia (2012). Bogotá: Legis.

Departamento Nacional De Planeación. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion/Paginas/evaluacion-y-seguimiento-de-la-descentralizacion.aspx>

Finot, I. (2001). *Descentralización en América latina: Teoría y práctica*. Recuperado de: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/7259/lcl1521e.pdf>

Hirschman, A. (1970). *Exit, Voice, and Loyalty*. Cambridge: Harvard University Press.

Lleras, C. y Posada, J. (1995). *Descentralización política fiscal y administrativa después de la constitución de 1991*. Bogotá: Fundación Presencia.

Musgrave, R. (1959). *The Theory of Public Finance*. Tokio: McGraw-Hill.

Restrepo, J. (2001). *Hacienda Pública*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

Ruiz, F. (2000). *Evolución del proceso de descentralización fiscal en el municipio de Bucaramanga (1984-1997)*. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Samuelson, P. (1954). A Pure Theory of Local Expenditures. *Review of Economics and Statistics*, 36(4), 387-389.

Tiebout, C. (1956). A Pure Theory of Local Expenditures. *Journal of Political Economy*, 64(5), 416-424.

SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS: NUEVOS RECURSOS PARA LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN COLOMBIA

General system of royalties: new resources for science, technology and innovation in Colombia

Yiseth Marina Becerra Arévalo

Economista por la Universidad de Antioquia. Funcionaria de Colciencias. Bogotá, Colombia.
yisethmar@gmail.com

Cómo citar /How to cite

Becerra, Y. (2015). Sistema general de regalías: nuevos recursos para la ciencia, tecnología e innovación en Colombia. *Revista CEA*, 1(1), 75-91.

Recibido: 4 de junio de 2014

Aceptado: 17 de julio de 2014

Resumen

Este artículo presenta un balance de la implementación del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías en Colombia (FCTel-SGR). La entrada en vigencia del SGR y la respectiva creación del FCTel-SGR, ha abierto una oportunidad para la ciencia, la tecnología y la innovación en el país y se espera que estos nuevos recursos impacten a las regiones. Antioquia se destaca por el número de proyectos aprobados y la diversificación de temas estratégicos priorizados para presentar al FCTel-SGR, enfocando los esfuerzos en el fortalecimiento de la CTel en los sectores de la salud, agropecuario y formación de capital humano, entre otros.

Palabras clave: sistema general de regalías, ciencia, tecnología, innovación.

Abstract

This paper presents an overview of the implementation of the Fund for Science, Technology and Innovation of General system royalties in Colombia (FCTel-SGR). The entry into force of the SGR and the ensuing creation of FCTel-SGR has brought an opportunity for Science, Technology and Innovation in the country and these new resources are expected to have an impact on the regions not only in the short, but also in the mid and long term. Antioquia stands out due to the number of projects approved and the diversification of prioritized strategic issues presented to FCTel-SGR, focusing efforts on strengthening the STI in the sectors of health, agriculture and human capital formation, among others.

Keywords: general system royalties, science, technology, innovation.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta un balance de la implementación del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías en Colombia (FCTel-SGR). La entrada en vigencia del SGR y la respectiva creación del FCTel-SGR, ha abierto una oportunidad para la ciencia, la tecnología y la innovación en el país, y se espera que estos nuevos recursos impacten a las regiones no solo en el corto sino también en el mediano y largo plazo. Las regiones han orientado su estrategia de inversión a atender problemas específicos a través de actividades de investigación e innovación, así como a la formación de capital humano, capital que podrá posteriormente elevar las capacidades de investigación e innovación en las regiones. Por su parte, Antioquia se ha destacado en el número de proyectos aprobados y en la diversificación de temas estratégicos priorizados para presentar al FCTel-SGR, enfocando los esfuerzos en el fortalecimiento de la CTel en los sectores de la salud, agropecuario y formación de capital humano, entre otros.

El artículo presenta, luego de esta introducción, una caracterización del nuevo Sistema General de Regalías, señalando algunas diferencias con el enfoque anterior. En el tercer punto, se presentan especialmente, resultados relacionados con los programas nacionales de ciencia, tecnología e innovación, incluyendo un balance para Antioquia. Se concluye que la entrada en vigencia del SGR y la respectiva creación del Fondo de CTel han abierto una oportunidad para este en el país.

2. EL NUEVO SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS

Las regalías son la contraprestación económica que recibe el Estado por la explotación de un recurso natural no

renovable, cuya producción se extingue por el transcurso del tiempo (DNP, 2007, p. 11). Hasta el 2011, en el antiguo esquema de regalías existían dos tipos: i) Directas: aquellas asignadas entre municipios y departamentos en los que se explotaban recursos naturales no renovables (80%), estos recursos debían destinarse a alcanzar las metas de coberturas para financiar los proyectos priorizados incluidos en los planes de desarrollo ii) Indirectas: aquellas no asignadas directamente a los municipios y departamentos productores, cuya administración correspondía al Fondo Nacional de Regalías (20%); estos recursos se destinaban a la promoción de la minería, medio ambiente, y a financiar proyectos regionales de inversión definidos como prioritarios en los planes de desarrollo.

El antiguo esquema de regalías presentó ineficiencias que llevaron al gobierno nacional a modificarlo, siendo las más importantes las siguientes (Ministerio de Minas y Energía, 2011):

- Inequidad y pobreza: la distribución de recursos de regalías generaba la concentración del 80% de estos recursos en entidades territoriales que representan el 17% de la población.
- Ineficiencia: de las entidades territoriales beneficiarias de recursos de regalías y compensaciones, ninguna había logrado cumplir todas las coberturas mínimas en los sectores de educación, afiliación a salud, mortalidad infantil, agua potable y alcantarillado.
- Incorrecta utilización de los recursos de regalías: en la vigencias 2005 a 2010 el DNP reportó 21.681 presuntas irregularidades a órganos de control.

Así, en 2011, el antiguo esquema de regalías asumió un cambio radical con la expedición del Acto Legislativo 005 de 2011, con el cual se modificaron los artículos 360 y 361 de la Constitución Nacional y se creó el Sistema General de Regalías –SGR-. A través del acto

legislativo se eliminó el sistema de asignaciones directas y quedó consagrado constitucionalmente un nuevo modelo de distribución y lineamientos generales sobre los cuales se estructuró el nuevo Sistema General de Regalías.

El nuevo SGR tiene como objetivos crear condiciones de equidad en la distribución de los ingresos que generen ahorros para épocas de escasez, distribuir los recursos hacia la población más pobre generando mayor equidad social, promover el desarrollo y la competitividad regional, incentivar proyectos minero energéticos (tanto para la pequeña, media industria y la minería artesanal), promover la integración de las entidades territoriales en proyectos comunes y propiciar la inversión en la restauración social y económica de los territorios donde se desarrollen actividades de exploración y explotación.

Para lograr los anteriores objetivos, el nuevo SGR organizó una distribución de los recursos teniendo en cuenta un mayor impacto en toda la población del país. Así, los ingresos del SGR se distribuirán de la siguiente manera: i) 10% para el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación ii) 10% para ahorro pensional territorial iii) hasta un 30% para el Fondo de Ahorro y Estabilización. Los recursos restantes se distribuirán en un 20% para las asignaciones directas, y un 80% para los Fondos de Compensación Regional y de Desarrollo Regional. También se destina un 2% para fiscalización de la exploración y explotación de los yacimientos, y el conocimiento y cartografía geológica del subsuelo.

Posteriormente se expidió la Ley 1530 del 17 de mayo del 2012, la cual reguló la organización y el funcionamiento del SGR, cuyo objeto es:

Determinar la distribución, objetivos, fines, administración, ejecución, control, el uso eficiente y la destinación de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales no renovables precisando las condiciones de participación de sus beneficiarios. Este conjunto de ingresos, asignaciones, órganos, procedimientos y regulaciones constituye el Sistema General de Regalías.

El SGR está integrado por la Comisión Rectora, el Departamento Nacional de Planeación, los Ministerios de Hacienda y Crédito Público, y de Minas y Energía, Colciencias y los órganos colegiados de administración y decisión –OCAD-. La Comisión Rectora, es el órgano encargado de definir la política del SGR, evaluar su ejecución general y dictar regulación orientada a asegurar el adecuado funcionamiento del sistema. La Comisión Rectora está conformada por el Director del Departamento Nacional de Planeación -DNP; Ministro de Minas y Energía; Ministro de Hacienda y Crédito Público; dos gobernadores; dos alcaldes; un senador y un representante a la Cámara (Art. 4 de la Ley 1530 de 2012).

Por su parte, los OCAD, son los responsables de evaluar, viabilizar, aprobar y priorizar la conveniencia y oportunidad de financiar los proyectos y/o programas. El OCAD del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación está conformado por tres vértices: 1) Gobierno Nacional: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias; Departamento Nacional de Planeación, DNP; tres Ministerios (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, MinTIC, Ministerio de Educación Nacional y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural) 2) gobierno departamental: seis gobernadores (uno por cada región), y 3) universidades: universidades públicas (3); universidades privadas (2); una universidad pública representante de comunidades étnicas.

La Secretaría Técnica del OCAD del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación está a cargo del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación –Colciencias, que se encarga de verificar el cumplimiento de los requisitos que establezca la Comisión Rectora del SGR para la aprobación de los programas o proyectos, y solicitar a expertos conceptos que den cuenta de la pertinencia técnica y científica de los programas y proyectos presentados al Fondo. Adicionalmente, Colciencias tiene un papel destacado en la formulación de políticas de CTel, para proponer a la Comisión Rectora del SGR los lineamientos de política que articulen el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación con la política de inversión de recursos del Fondo CTel (Art. 29 Ley 1530 de 2012).

3. EL FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS - FCTel – SGR

Como se planteó, con la expedición del nuevo SGR se crea el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, con una asignación del 10% del total de los recursos del sistema que benefician a todos los departamentos del país. El Ministerio de Hacienda y Crédito Público definió la fórmula de distribución de los recursos para los departamentos, teniendo en cuenta la población total, la tasa de desempleo y el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).

El FCTel-SGR tiene como finalidad,

la financiación de proyectos regionales acordados entre las entidades territoriales y el Gobierno Nacional (Acto legislativo 05/11) y permitirá incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general, incluidos los proyectos relacionados con biotecnología y tecnologías de la información y las comunicaciones (Ley 1530 de 2012).

Las actividades que se financian con recursos del FCTel-SGR son i) Investigación y Desarrollo, ii) Innovación, iii) Formación y capacitación científica y tecnológica y iv) Servicios científicos y tecnológicos (Acuerdo 15/12). Así mismo, los proyectos deben ser pertinentes, coherentes y consistentes con los Planes Departamentales de Desarrollo y otros ejercicios de planeación estratégica regional (planes y agendas regionales de competitividad y los planes estratégicos departamentales de CTel, planes y estrategias sectoriales del orden nacional).

El Sistema General de Regalías destinó un presupuesto de \$2.660.566.132.711 para el FCTel-SGR, de los cuales a marzo de 2014 se aprobaron \$1.549.481.897.025, por lo que queda un saldo de \$1.111.084.235.686. Desde la entrada en funcionamiento del nuevo SGR, y de acuerdo con información del Órgano Colegiado de Administración y Decisión –OCAD- del FCTel-SGR, a marzo de 2014 se aprobaron 204 proyectos.

La Región Caribe lidera la inversión en CTel- con un 30% del total de los recursos aprobados y le sigue el Eje Cafetero con una inversión del 17% del total (ver Tabla 1)

Tabla 1. Total programas y proyectos aprobados por región
Table 1. Total of programs and projects per region

REGIÓN	No.	Vr. FCTel		CONTRAP.	Vr. TOTAL
		VALOR	%		
Total general	204	1.549.482	100%	445.410	1.994.892
Caribe	41	458.251	30%	56.344	514.594
Eje Cafetero	42	270.492	17%	148.809	419.301
Centro Oriente	24	246.328	16%	86.667	338.106
Pacífico	38	242.389	16%	62.281	302.660
Centro Sur	36	192.714	12%	37.132	229.845
Llanos	23	139.309	9%	54.177	190.385

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014 / Cifras en millones de pesos

Respecto a la asignación de los recursos por departamentos, se registra un total de 31 departamentos y Bogotá D.C, con proyectos y programas aprobados. Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Huila y Tolima, han liderado la aprobación con 26, 19, 12, 12 y 11

proyectos respectivamente (ver Tabla 2). De igual manera, se destaca que estos departamentos son los que cuentan con mayores recursos apropiados para CTel según la distribución del Fondo CTel-SGR.

Tabla 2. Recursos apropiados y aprobados FCTel-SGR por departamento
Table 2. Assigned and approved budgets FCTel-SGR per department

DEPARTAMENTO	PROYECTOS APROBADOS	TOTAL APROPIADO (\$)	TOTAL APROBADO (\$)
TOTAL	204	2.660.566	1.549.482
Amazonas	7	24.948	12.612
Antioquia	26	180.530	175.781
Arauca	2	44.329	28.370
Arch. San Andrés	0	24.662	0
Atlántico	8	83.268	49.975
Bogotá D.C	5	64.215	59.291
Bolívar	2	151.280	45.014
Boyacá	1	103.795	2.175
Caldas	8	48.949	40.083
Caquetá	5	64.116	56.258
Casanare	3	49.687	40.918
Cauca	19	128.988	124.678
Cesar	2	99.850	18.027
Chocó	6	90.939	43.947
Córdoba	10	174.469	160.284
Cundinamarca	12	100.019	86.470
Guainía	2	20.961	5.431
Guajira	8	121.024	83.946
Guaviare	4	30.032	11.268
Huila	12	97.309	60.154
Magdalena	4	117.373	39.989
Meta	4	52.895	26.783
Nariño	10	146.446	60.817

DEPARTAMENTO	PROYECTOS APROBADOS	TOTAL APROPIADO (\$)	TOTAL APROBADO (\$)
TOTAL	204	2.660.566	1.549.482
Norte de Santander	1	95.730	44.953
Putumayo	1	53.007	10.787
Quindío	3	21.999	15.283
Risaralda	5	41.645	39.345
Santander	5	80.715	53.440
Sucre	7	109.350	61.015
Tolima	11	79.254	52.903
Valle del Cauca	3	108.135	12.948
Vaupés	5	21.100	7.111
Vichada	3	29.548	19.428

Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014 /
Cifras en millones de pesos corrientes

Resultados por Programas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación – PNCTel

Los 204 programas y proyectos aprobados a la fecha se encuentra distribuidos en 14 áreas del conocimiento o programas especiales: agropecuarias; formación de alto nivel; programa Ondas; salud; electrónica,

telecomunicaciones e informática; mar y recursos hidrobiológicos; centros y parques tecnológicos; ambiente, biodiversidad y hábitat; desarrollo tecnológico e innovación industrial; energía y minería; apropiación social del conocimiento; sociales y humanas; biotecnología y educación (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Total de programas y proyectos aprobados por PNCTel
Table 3. Total of programs and projects approved by PNCTel

PNCTel	No.	Vr. FCTel		CONTRAP.	Vr. TOTAL
		VALOR	%		
Total general	204	1.549.482	100,00%	445.410	1.994.892
PNCTel agropecuarias	58	322.015	20,80%	124.168	446.183
Formación alto nivel	21	300.744	19,40%	26.139	326.882
Programa Ondas	27	289.794	18,70%	37.521	327.315
PNCTel en salud	17	162.809	10,50%	72.223	235.033
Electrónica, telecomunicaciones e informática	9	79.923	5,20%	33.246	113.169
PNCTel del Mar y de los recursos hidrobiológicos	11	78.197	5,00%	16.024	94.220
Centros y parques	12	78.135	5,00%	46.026	124.162
PNCTel en ambiente, biodiversidad y hábitat	19	63.690	4,10%	25.003	88.693
Desarrollo tecnológico e innovación industrial	6	56.154	3,60%	22.649	78.803
Investigaciones en energía y minería	9	44.705	2,90%	19.807	64.512
Apropiación social del conocimiento	4	39.515	2,60%	13.702	53.216
PNCTel de las áreas sociales y humanas	5	18.171	1,20%	5.197	23.368
Biotecnología	4	11.669	0,80%	3.689	15.358
PNCTel en educación	2	3.961	0,30%	17	3.978

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014 / Cifras en millones de pesos

Programas y proyectos aprobados en el PNCTel agropecuarias

El sector agropecuario lidera la asignación de estos recursos de regalías, logrando el 20.8% del total de la inversión, con una aprobación de 58 proyectos en 22 departamentos, cuyo monto asciende a \$322.015 millones de pesos, distribuidos en temáticas como agroindustria, ganadería, hortofloricultura y café (Ver Fig. 1)

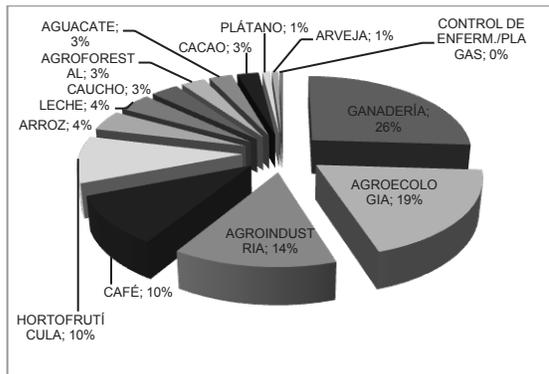
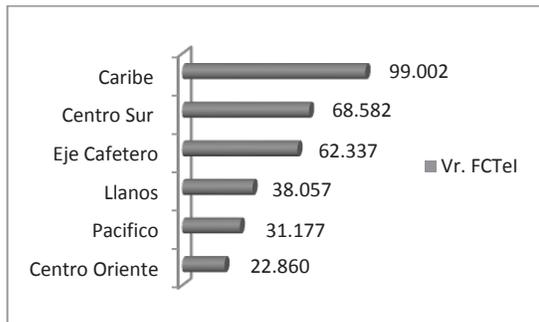


Figura 1. Programas y proyectos agropecuarios por temáticas

Figure 1. Programs and projects agricultural per topic

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

La región con más alta inversión es la Región Caribe con el 31% y la que menos Centro Oriente con el 7,2% del total de proyectos aprobados (Ver Fig. 2)



*Cifras en millones de pesos

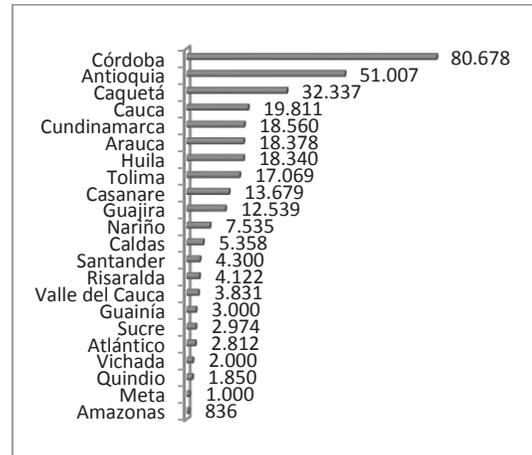
Figura 2. Inversión por regiones en programas y proyectos agropecuarios por región

Figure 2. Investment per regions in agricultural programs and projects

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Aunque la mayor parte de los proyectos han sido presentados de forma individual por cada departamento, existen 2 programas y proyectos que han logrado la conformación de alianzas regionales, tales como «Estudio de sistemas de producción basado en la caracterización, tipificación y análisis de alternativas agropecuarias en tres zonas agroecológicas del departamento de Guainía», presentado por Guainía en alianza con Meta y Vichada y «Desarrollo de un programa de gestión tecnológica para la innovación social y productiva de la carne y la leche en sistemas de producción bovina de la región de los llanos en Colombia», presentado por Arauca en alianza con Vichada.

Por su parte, Antioquia participa con 12 proyectos del total de 58 proyectos aprobados en el país, cuyo monto solicitado al FCTel-SGR asciende a \$51.007 millones de pesos (Ver Fig. 3).



*Cifras en millones de pesos

Figura 3. Inversión en programas y proyectos agropecuarios – distribución departamental

Figure 3. Investment in agricultural programs and projects – departmental distribution

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Los proyectos aprobados para Antioquia se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Programas y proyectos agropecuarios aprobados para Antioquia
Table 4. Agricultural programs and projects approved for Antioquia

Desarrollo tecnológico, productivo y comercial de aguacate en Antioquia	Fomento al cultivo de cacao especiales en el departamento de Antioquia
Fortalecimiento a los productores en el encadenamiento productivo de fruta pequeña	Fortalecimiento de la cadena de hortalizas en el departamento de Antioquia a través de la generación de un sistema de inocuidad y aprovechamiento de residuos para potenciar su actividad
Fortalecimiento de la cadena productiva de leche del distrito norte antioqueño	Fortalecimiento del sector de las plantas aromáticas, medicinales y condimentarias en el departamento de Antioquia
Fortalecimiento proyecto Antioquia: origen de cafés especiales en el departamento de Antioquia	Investigación control caracol plaga achatina fulica y disminución del riesgo en salud, agricultura y turismo con la comunidad de Santafé de Antioquia
Investigación mejoramiento de la productividad del cultivo del plátano suroeste y Urabá	Investigación para el desarrollo de alternativas productivas con especies promisorias de la biodiversidad en el medio Atrato antioqueño
Investigación técnico-social de las oleaginosas promisorias higuierilla y sacha inchi con miras a su desarrollo agroindustrial	Mejoramiento de la productividad para el desarrollo y aumento en la competitividad en la cadena de caucho natural, mediante un programa de investigación aplicada en innovación en el departamento de Antioquia

Programas y proyectos aprobados en formación de alto nivel

Según la Guía Sectorial de Programas y Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación (DNP, 2012), la actividad de *Formación y capacitación científica y tecnológica*, incluye la educación formal de capital humano para la CTel, el entrenamiento, la

capacitación y la especialización de niños, jóvenes y profesionales interesados en el quehacer científico, en el diseño de políticas de ciencia y tecnología, y en la gestión del conocimiento y de la innovación (ver Ilustración 1)



Ilustración 1. Actividades de formación y capacitación científica y tecnológica
Graphic 1. Scientific and technological training

Fuente: Colciencias: Guía Sectorial de Programas y Proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación

Al respecto, se destaca que la temática de formación de capital humano es la segunda en importancia respecto a la asignación de recursos del FCTel-SGR. El programa de formación de alto nivel tiene 21 proyectos en 18 departamentos y el Distrito Capital, por un valor aprobado de \$300.744 millones de pesos, que representa el 19.4% de la asignación total de recursos FCTel-SGR. De las 6 áreas de aplicación de los proyectos aprobados, el 69% de los recursos se destinan a financiar formación de doctorados y maestrías (ver Fig. 4).

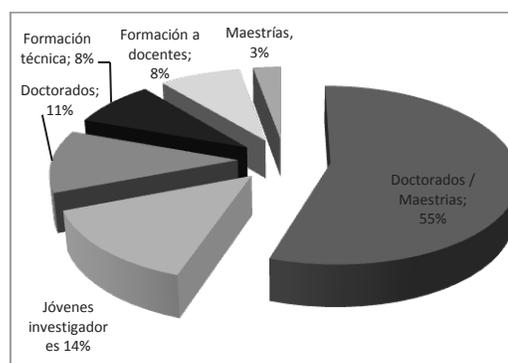


Figura 4. Programas y proyectos por nivel de formación
Figure 4. Programs and projects per level of training

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Adicional a los proyectos de formación de alto nivel es importante evidenciar que los esfuerzos por formación de capital humano se encuentran vinculado en proyectos presentados en otros PNCTel, que involucran el componente de formación de alto nivel como un componente sustancial de los mismos.

Al respecto, se encuentra que el 16% de las becas de maestría y doctorado son financiadas por PNCTel, diferentes al Programa de formación de alto nivel (Ver Tabla 5).

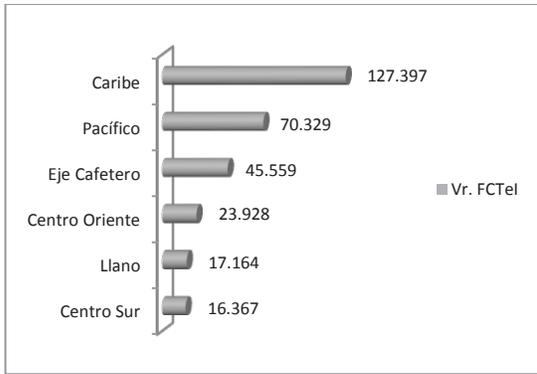
Tabla 5. Programas y proyectos de formación alto nivel en otros PNCTel
Table 5. Other Phd and Master training programs

Resultados Esperados		Proyectos de Formación de alto nivel	Otros Proyectos con componente formación	Total
Tipo de formación		Beneficiarios de becas	Beneficiarios de becas	
Maestrías	Nacionales	1560	268	1828
	Internacionales	177	16	193
Doctorados	Nacionales	261	111	372
	Internacionales	125	6	131
	Inserción laboral	37	4	41
Total		2160	405	2565

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, 01 de abril de 2014.

A nivel territorial, se observa que todas las regiones participan en el programa de formación de alto nivel, siendo la región Caribe la región que más aporta recursos del

FCTel-SGR con un 42%, y la que menos registra recursos en este aspecto es la región Centro Sur con 5% (Ver Fig. 5).



*Cifras en millones de pesos

Figura 5. Inversión en programas y proyectos de formación de alto nivel por región

Figure 5. Investment in Ph.D. and Master programs and projects per region

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

En los proyectos de formación de alto nivel, Antioquia participa con un (1) proyecto de formación del total de los 31 proyectos aprobados en el país, y cuyo monto solicitado al FCTel-SGR asciende a \$23.500 millones de pesos. El proyecto *Capacitación mediante becas de maestría a docentes de establecimientos educativos de los municipios no certificados en el departamento de Antioquia*, tiene como objetivo mejorar los niveles de formación avanzada de los docentes de los municipios no certificados en educación de Antioquia, a través del acceso a becas de maestría en diferentes áreas del conocimiento. Estas becas están enfocadas en los componentes de ciencia, tecnología e innovación, integrados a las áreas básicas de la educación y gestión institucional (Matemáticas, Lengua Castellana, Ciencias Naturales, Tecnología e Informática e Inglés) (SEDUCA, 2013).

Programas y proyectos aprobados en el programa Ondas

El programa Ondas es la estrategia fundamental de Colciencias para el fomento de una cultura ciudadana y democrática en CTeI en la población infantil y juvenil colombiana, a través de la Investigación como Estrategia Pedagógica-IEP.

Este programa cuenta con 27 proyectos en 24 departamentos (tres departamentos, Córdoba, Meta y Santander, cuentan con dos proyectos aprobados en este programa, un es con énfasis básico en Ondas, y el otro es Ondas apoyado en TIC), por un valor de \$289.794 millones de pesos, representando el 18.7% de la asignación de los recursos. Las principales áreas de aplicación de los proyectos aprobados son Pedagogía, Ondas TIC, Emprendimiento, Software y Robótica (Ver Fig. 6)

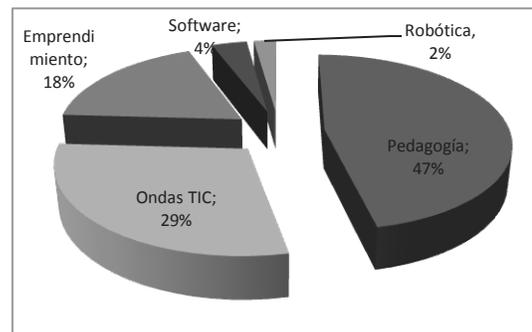
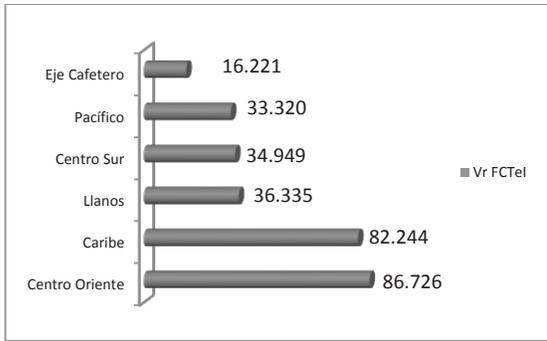


Figura 6. Programas y proyectos del programa Ondas por áreas

Figure 6. Ondas programs and projects per areas

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Todas las regiones participan en el programa. La región que más aporta recursos del FCTel-SGR es el Centro Oriente (30%), y la que menos Eje Cafetero (6%) (Ver Fig. 7); Antioquia no cuenta con proyectos aprobados en esta área.

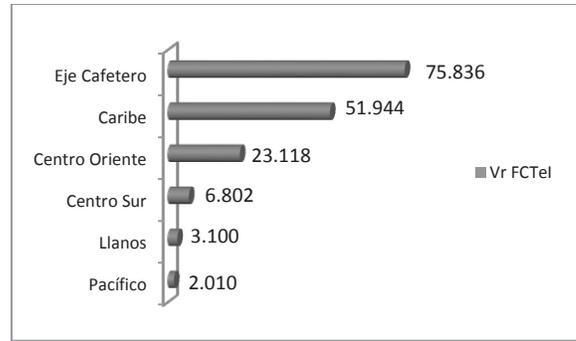


*Cifras en millones de pesos

Figura 7. Inversión por regiones en programas y proyectos del programa Ondas por región

Figure 7. Investment per region in Ondas programs and projects

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.



*Cifras en millones de pesos

Figura 9. Inversión por regiones en programas y proyectos en el programa de salud por región

Figure 9. Investment per region in health programs and projects

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Programas y proyectos aprobados en el programa de salud

En el programa de CT+I en salud, se han aprobado 15 proyectos en 11 departamentos por \$158.621 millones de pesos, representando el 10.5% de la asignación de los recursos. Las principales áreas vinculadas en los proyectos son telemedicina, enfermedades tropicales y farmacología, entre otras áreas (Fig. 8).

Antioquia lidera la inversión en proyectos y programas en Salud, participando con 4 proyectos del total de 15 proyectos aprobados en el país, cuyo monto solicitado al FCTel asciende a \$71.545 millones de pesos (Ver Fig. 10).

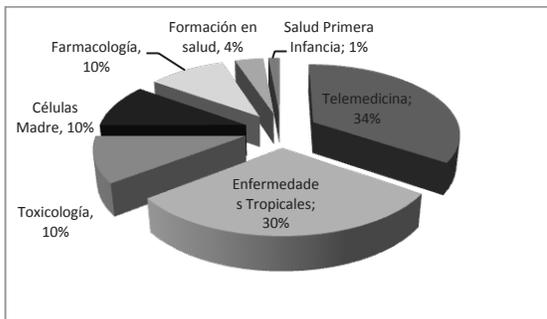
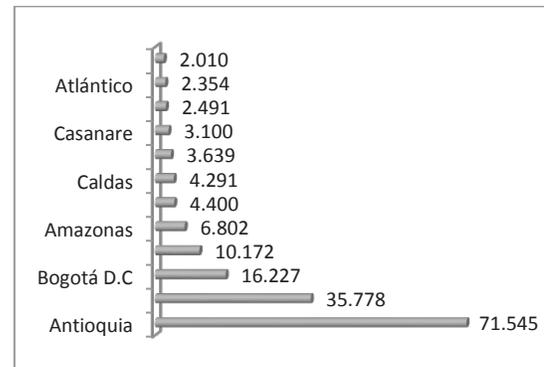


Figura 8. Programas y proyectos del programa de salud por áreas

Figure 8. Health programs and projects per areas

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.



*Cifras en millones de pesos

Figura 10. Programas y proyectos en salud – distribución departamental

Figure 10. Health programs and projects – departmental distribution

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Aunque todas las regiones tienen participación en esta área, la región con más alta inversión es el Eje Cafetero con el 47%, y la que menos, Región Pacífica con el 1% del total de proyectos aprobados (Ver Figura 9).

Los proyectos aprobados para Antioquia en este programa se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Programas y proyectos aprobados para Antioquia

Table 7. Programs and projects approved for Antioquia

Desarrollo de nuevos agentes terapéuticos para el tratamiento de enfermedades de importancia en salud pública en Antioquia
Desarrollo de soluciones en ciencia, tecnología e innovación - CTI para el sector salud en Antioquia
Desarrollo de soluciones en ciencia, tecnología e innovación para el asesoramiento especializado en farmacología y toxicología en Medellín, Antioquia
Desarrollo de soluciones en CTI para Telesalud en el departamento de Antioquia

Programas y proyectos aprobados en el programa de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática –ETI-

El programa Electrónica, Telecomunicaciones e Informática -ETI, participa con 9 proyectos en 7 departamentos por \$79.923 millones de pesos FCTel-SGR, representando el 5.2% de la asignación de los recursos. De las 5 áreas de aplicación de los proyectos aprobados, el 55% de los recursos se destinan a financiar temáticas relacionadas con emprendimiento. Ver Fig. 11.

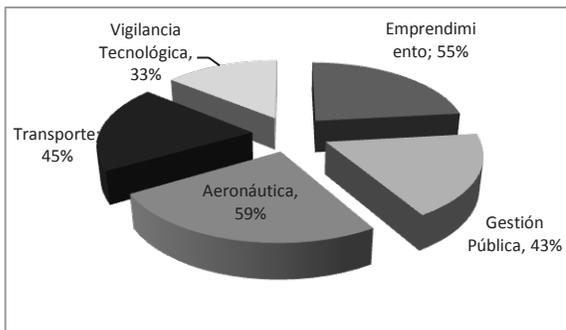
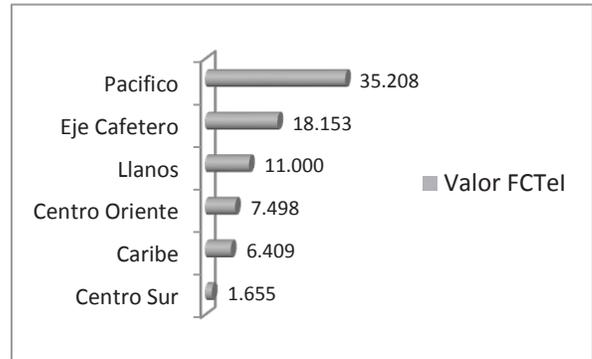


Figura 11. Programas y proyectos del programa ETI por áreas

Figure 11. Programs and projects in electronic, telecommunication and information per area

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

La región con más alta inversión es el Pacífico con el 44%, y la región con menos inversión es Centro Sur con el 2% del total de proyectos aprobados (Ver Figura 12).



*Cifras en millones de pesos

Figura 12. Inversión por regiones en programas y proyectos en el programa ETI

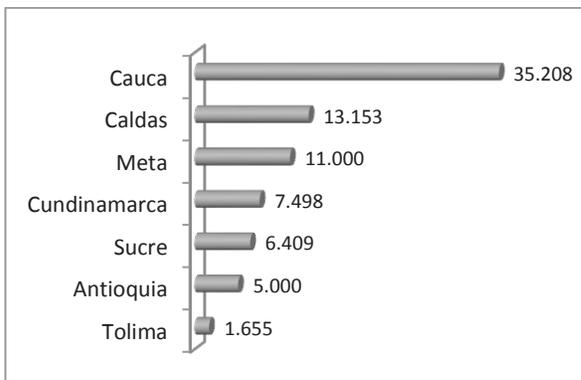
Figure 12. Investment per regions in electronic, telecommunication and information programs and projects

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Aunque la mayor parte de los proyectos han sido presentados de forma individual por cada departamento, existe un proyecto que ha logrado la conformación de alianzas regionales entre departamentos de distintas regiones del país. El proyecto *Desarrollo Investigación aplicada para contribuir a un modelo efectivo y sostenible de intervención del dengue en Santander, Casanare y Valle del Cauca*, tiene una dimensión intrarregional, al articular departamentos de la región Centro Oriente, Llanos y Pacífico.

Por su parte, Antioquia participa con (1) un proyecto del total de 9 proyectos aprobados en el país, cuyo monto solicitado al FCTel-SGR asciende a \$5.000 millones de pesos (Ver Figura 13). El proyecto aprobado para Antioquia es *Estudio, selección y estandarización de sistemas tecnológicos alternativos para rehabilitación y tratamiento de puntos críticos en vías y desarrollo de pruebas piloto en subregiones de Antioquia*, con el cual se busca el

desarrollo, implementación y análisis de una canasta de sistemas tecnológicos alternativos para la intervención de la red vial secundarias en tres objetivos: estabilización de taludes, estabilización de rasantes y protección y prevención de la erosión en taludes.



*Cifras en millones de pesos

Figura 13. Programas y proyectos en el programa ETI – distribución departamental

Figure 13. Programs and projects in electronic, telecommunication and information –departmental distribution

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Programas y proyectos aprobados en el programa Mar y Recursos Hidrobiológicos

El programa de Mar y Recursos Hidrobiológicos participa con 11 proyectos en 9 departamentos por un total de \$78.197 millones de pesos del FCTel, representando el 5.0% de la asignación de los recursos. Las principales áreas de aplicación de los proyectos aprobados son recursos hídricos, acuicultura y logística de puertos (Fig.14).

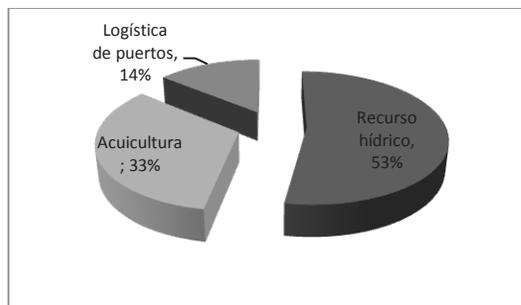
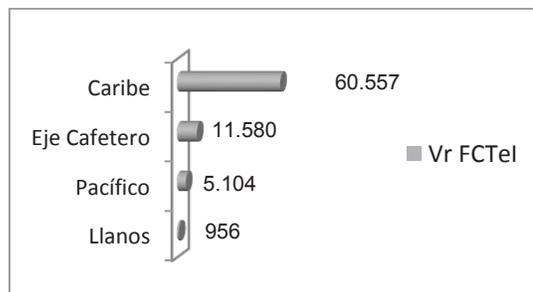


Figura 14. Programas y proyectos del programa Mar y Recursos Hidrobiológicos por áreas

Figure 14. Sea and hydrobiological resources programs and projects per areas

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

La región que más aporta recursos del FCTel-SGR al programa de Mar y Recursos Hidrobiológicos es la Región Caribe (77%), y la región que menos es Llanos (1%) (Ver Fig. 15). En este programa se presentan dos proyectos en los cuales se cuenta con la articulación de varios departamentos de la Región Caribe. Estos proyectos son: i) *Investigación Innovación en Logística y Puertos: LOGPORT Caribe*, en el cual participan Atlántico, Bolívar y Sucre y ii) *Desarrollo sostenible de la acuicultura en el Caribe colombiano*, en el cual participan Bolívar, Guajira y Sucre.



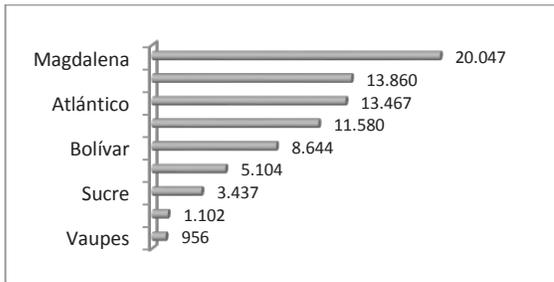
*Cifras en millones de pesos

Figura 15. Inversión por regiones en programas y proyectos del programa Mar y Recursos Hidrobiológicos

Figure 15. Programs and projects sea and hydrobiological resources investment per regions

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Antioquia participa con (1) un proyecto del total de 11 proyectos aprobados en el país, cuyo monto solicitado al FCTel asciende a \$11.580 millones de pesos (Ver Fig. 16). El proyecto aprobado para Antioquia es *Fortalecimiento regional de la pesca y la acuicultura en Antioquia*.



*Cifras en millones de pesos

Figura 16 Programas y proyectos en el programa Mar y Recursos Hidrobiológicos– distribución departamental

Figure 16. Programs and projects sea and hydrobiological resources – departmental distribution

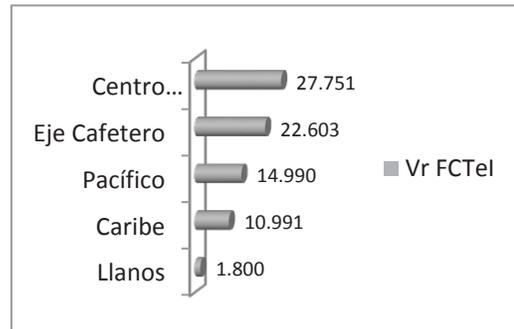
Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Programas y proyectos aprobados en el PNCTel Centros y Parques

El programa de centros y parques tecnológicos participa con 12 proyectos en 9 departamentos por \$78.135 millones de pesos FCTel-SGR, representando el 5.0% de la asignación de los recursos del Fondo. De las 2 áreas de aplicación de los proyectos aprobados el 57% de los recursos se destinaron a financiar parques tecnológicos,

y el otro 43% a financiar centros de investigación.

La región que más aporta recursos del FCTel-SGR al programa centros y parques es la región de Centro Oriente (36%), y la región que menos aporta recursos a este programa es la Región Llanos (2%) (Ver Fig.17).



*Cifras en millones de pesos

Figura 17 Inversión por regiones en centros y parques tecnológicos

Figure 17. Technological parks and R&D institutions Investment per region

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014.

Dentro de los parques tecnológicos apoyados se encuentran: Parque Tecnológico del Caribe, Parque Científico de Cundinamarca, City Tech, Parque Tecnológico de innovación para la agregación de valor a la caficultura caucana, Parque Tecnológico del Sinú y San Jorge en el departamento de Córdoba, y el Parque Tecnológico de Guatiguara (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Programas y proyectos aprobados para el PNCTel de Centros y Parques
Table 8. Programs and projects approved for technological parks and R&D institutions

<p style="text-align: center;">Atlántico</p> <p>1. Desarrollo estudios y capacidades de gestión tecnológica para la puesta en marcha del parque tecnológico del caribe todo el departamento, Atlántico, Caribe</p>	<p style="text-align: center;">Cundinamarca</p> <p>1. Fortalecimiento capacidades de innovación social por medio del Parque Científico Cundinamarca y Bogotá</p>
<p style="text-align: center;">Caldas</p> <p>1. Implementación creación y dotación de la infraestructura física y tecnológica de City Tech como parque tecnológico región centro sur-departamento de Caldas</p> <p>2. Implementación del centro de investigación, innovación y tecnología al sector panelero del departamento de Caldas (centro BEKDAU) Supía, Caldas.</p>	<p style="text-align: center;">Risaralda</p> <p>1. Consolidación del centro de innovación y desarrollo tecnológico de la manufactura y la metalmecánica -CINDETEM Dosquebradas, Risaralda</p> <p>2. Implementación del centro de innovación y desarrollo tecnológico con enfoque de gestión en KPO Pereira, Risaralda</p>
<p style="text-align: center;">Cauca</p> <p>1. Consolidación de un centro de investigación, promoción e innovación social para el desarrollo de la caficultura caucana</p> <p>2. Implementación y conformación del parque tecnológico de innovación para la agregación de valor a la caficultura caucana</p>	<p style="text-align: center;">Meta</p> <p>1. Estudio de factibilidad para la creación del centro de investigación y desarrollo tecnológico de la región de los llanos , Meta, Orinoquía</p>
<p style="text-align: center;">Córdoba</p> <p>1. Estudio de factibilidad del parque tecnológico del Sinú y san Jorge en el departamento de Córdoba</p>	<p style="text-align: center;">Santander</p> <p>1. Fortalecimiento de los procesos de transferencia tecnológica en el parque tecnológico de Guatiguara</p>
	<p style="text-align: center;">Sucre</p> <p>1. Instituto investigaciones biomédicas del Caribe</p>

Balance del estado Actual de Antioquia en proyectos aprobados por el FCTel-SGR.

Del total de los 204 proyectos aprobados, Antioquia participa con 26 proyectos que suman \$175.781 millones de pesos del FCTel-SGR, liderando los montos de inversión en este Fondo.

Antioquia ha enfocado sus procesos de fortalecimiento de la CTel, principalmente en los sectores de la salud, con 5 proyectos que representan el 41% del total de los recursos aprobados para el departamento; el sector agropecuario que participa con 12 proyectos que representan el 29% de los recursos aprobados y la formación de alto nivel con un proyecto, logrando el 13% de la inversión (Tabla 9).

Tabla 9. Programas y proyectos aprobados por PNCTel – ANTIOQUIA**Table 9.** Programs and projects approved for PNCTel - ANTIOQUIA

PNCTel	No.	FCTel	%	CONTRAP.	Vr. TOTAL
Total general	26	175.781	100%	106.983	282.764
CTel salud	5	71.545	41%	41.190	112.735
CTel agropecuarias	12	51.007	29%	54.302	105.309
Formación alto nivel	1	23.500	13%	2.000	25.500
CTel Mar y de los Rec. Hidrobiológicos	1	11.580	7%	3.496	15.076
ETI	1	5.000	3%	414	5.414
Investigación en energía y minería	2	4.539	3%	3.938	8.477
CTel áreas Sociales Y Humanas	1	3.663	2%	688	4.351
CTel Educación	1	2.930	2%	0	2.930
CTel Ambiente, biodiversidad y hábitat	2	2.017	1%	954	2.972

Fuente: Secretaría Técnica FCTel –SGR, Abril 01 de 2014 / Cifras en millones de pesos

4. CONCLUSIONES

La entrada en vigencia del SGR y la respectiva creación del Fondo de CTel ha abierto una oportunidad para la CTel en el país, por cuanto los recursos asignados están casi que triplicando el actual presupuesto de inversión de Colciencias en programas y proyectos de CTel, que es de \$550.592 millones. Se espera que los nuevos recursos impacten a las regiones no solo en el corto sino también en el mediano y largo plazo.

La inversión de los recursos presenta un reto importante en lo referente con la articulación de redes y alianzas entre regiones y actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, para invertir estos recursos de acuerdo con las apuestas planteadas en los planes de desarrollo y los planes departamentales de ciencia, tecnología e innovación. La mayoría de proyectos aprobados han sido de carácter departamental, a pesar de que uno de los objetivos del FCTel es generar alto impacto regional.

Las regiones han orientado su estrategia de inversión hacia dos objetivos: por una parte, atender problemas específicos a través de actividades de investigación e innovación;

por otra, las regiones le han apostado a la formación de capital humano como una estrategia de mediano y largo plazo, capital que podrá posteriormente elevar las capacidades de investigación e innovación en las regiones.

El liderazgo que ha tenido Antioquia en la aprobación de proyectos de CTel, además de destacarse el número de proyectos aprobados, también lo hace la diversificación de temas estratégicos priorizados para presentar al FCTel-SGR, enfocando los esfuerzos en el fortalecimiento de la CTel en los sectores de la salud, agropecuario y formación de capital humano, entre otros.

REFERENCIAS

COLCIENCIAS. Programa Ondas. Recuperado de:

http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/programa-ondas.

Departamento Nacional de Planeación (2012). *Manual metodológico general, para la identificación, preparación, programación y evaluación de proyectos*. Recuperado

de:
http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/files/7_%20Documento%20Guia%20Sectorial-FCTel.pdf

Departamento Nacional de Planeación (2007). *Actualización de la cartilla «Las regalías en Colombia»*. Recuperado de: https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DR/Regalias_Publicaciones_Prensa/Cartilla_las_regal%C3%ADas_en_colombia2008.pdf

Ministerio de Minas y Energía (2011). *Memorias al Congreso de la República 2010–2011: Regalías*. Recuperado de: http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2011/02-REGALIAS.pdf

Seducu (2013). *Becas de maestría para docentes en Antioquia! (Convocatoria)*. Recuperado de: <http://www.seducu.gov.co/index.php/sala-de-prensa/2905-800-becas-de-maestrias-profes-antioquia-.html#.U3OYHXb5T1U>

CONSUMOS DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO: REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

Energy consumption in plastic industry - review of studies developed

Carlos Andrés Vargas Isaza

M.Sc. Ingeniería de Procesos de transformación del plástico y del caucho. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. carlosvargas@itm.edu.co

Juan Carlos Posada Correa

M.Sc. Ingeniería en Automatización y control, Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. juancposada@itm.edu.co

Leyla Yamile Jaramillo Zapata

PhD (c). Ingeniería Ciencia y Tecnología de Materiales. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. eylajaramillo@itm.edu.co

Luis Alberto García

MBA en Administración. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. luisgarcia@itm.edu.co

Cómo citar / How to cite

Vargas, C., Posada, J., Jaramillo, L., y García, L. (2015). Consumo de energía en la industria del plástico: revisión de estudios realizados. *Revista CEA*, 1(1), 93-107.

Recibido: 28 de julio de 2014

Aceptado: 9 de septiembre de 2014

Resumen

El nivel de consumo energético para la producción de artículos plásticos es una variable que en los últimos años ha cobrado gran importancia, ya que tiene no solo un impacto ambiental en su uso racional sino que tiene un costo representativo para la producción. El artículo contiene una breve justificación de la relevancia de cuantificar el consumo de energía requerido para la producción de piezas plásticas, como también la forma de medirlo en variables tales como consumos fijos y variables, así como determinar el consumo de energía específico por planta de procesamiento, proceso y por equipos. Posteriormente, se hace un recuento de diferentes estudios de consumo y uso eficiente de la energía más relevantes en la industria del plástico, a nivel regional, nacional e internacional. El presente artículo es logrado con el objetivo de proveer un material de referencia básico a investigadores interesados en este tema.

Palabras clave: consumo de energía específica, procesos de transformación de polímeros (plásticos), eficiencia energética en la industria del plástico.

Abstract

The level of energy consumption for the production of plastics is a variable that in recent years has gained great importance due to its environmental impact on energy rational use, and its representative cost for production. This paper contains a brief explanation of the importance of quantifying the energy consumption required for the production of plastic parts, as well as how to measure variables such as consumption fixed and variable, and determine the specific energy consumption for processing plants, for processes and equipment. Subsequently, it describes several studies about energy consumption rates relevant to the plastics industry in Colombia and different countries that count large polymer processing plants. This paper is made in order to provide a basic reference material to researchers interested in this topic.

Keywords: Specific Energy Consumption (sec), polymer processing, energy efficiency in plastic plants.

1. INTRODUCCIÓN

El sector productivo de plásticos en Colombia ha tenido en los últimos años un crecimiento sostenido. La capacidad instalada total para la producción de resinas plásticas pasó de 1.04 millones de toneladas en 2008 a 1.15 millones en 2010, y en cuanto al procesamiento nacional de resinas, se pasó de 853 mil toneladas en 2008 a 909 mil toneladas en 2010 (Acoplásticos, 2011). A nivel internacional, la producción de plásticos ha tenido una tendencia creciente, estimada al año 2011 en 270 millones de toneladas (CIPEC & Industry, 2007; Gough, Gaffney, & Mccann, 2006; Padur & MacDougall, 2011; PlasticsEurope & Organisations, 2012; Suosa, 2014). La competitividad internacional, ha impulsado a las empresas del sector a ser cada vez más productivas, y efectivas en el cumplimiento de estándares de calidad en sus productos.

En años recientes, los consumos energéticos generados por las empresas del sector plástico han cobrado gran importancia por el incremento de costos en la energía (Kent, 2009; Santa María et al., 2009), el cumplimiento de normativas del uso racional de la energía y la implementación de sistemas de gestión energéticos o ambientales (Prias, 2010), así como los potenciales ahorros de energía que se pueden obtener (Ipsom, 2011). Son pocas las empresas de plásticos en Colombia que tienen una gestión energética aplicada a sus procesos de transformación y con un marco de referencia internacional, que permitan verificar si sus procesos tienen uso racional de la energía. Tangram Technology (2013) es un grupo de investigadores en Europa que lidera el tema de la gestión energética en la industria plástica. Este grupo ha establecido diferentes estándares de consumos de energía para diferentes líneas de producción de plásticos. En la industria de plásticos en Colombia, se tiene desconocimiento general sobre el nivel de uso racional de la energía,

con respecto a estos estándares internacionales establecidos.

La eléctrica es la principal fuente de energía para el accionamiento de los equipos de procesamiento de plásticos, y puede llegar a representar entre el 4% y el 10 % de los costos operacionales en una planta de transformación (Naranjo, 2012). En procesos como la extrusión para generar productos tales como películas, láminas y perfiles, la energía eléctrica se requiere para poner en funcionamiento el motor que suministra el torque necesario para dar movimiento al husillo extrusor, encargado de transportar, fundir y homogenizar el material que posteriormente será moldeado en un cabezal de extrusión, otorgando la forma final a los productos (Bernia Espert, 2011; Heur & Verheijen, 2009; RECIPE, 2006). Adicionalmente, procesos posteriores a la extrusión, como sistemas de estirado y corte, también pueden requerir el uso de motores eléctricos. En condiciones ideales, el 50% del total de la energía se usa para impulsar el tornillo de extrusión y el restante es empleado para sistemas de calentamiento, refrigeración, equipos auxiliares y servicios (Novoa et al., 2009).

En el proceso de inyección se produce una gama de artículos que van desde aplicaciones para el hogar, construcción, medicina, autopartes, entre otros. Al igual que en el proceso de extrusión, en la inyección se requiere el accionamiento por motor de un tornillo de inyección, para transportar, fundir e inyectar el material en un molde que da la forma final del producto. A diferencia del proceso de extrusión, en el proceso de inyección se generan mayores presiones de procesamiento, lo cual va directamente ligado al consumo de energía eléctrica. De hecho el costo energético de las máquinas inyectoras en una planta de procesamiento por inyección, puede llegar a ser hasta 60% del consumo total de la planta (Heur & Verheijen, 2009).

Entre los procesos descritos y los de transformación existentes tales como soplado, termoformado, rotomoldeo, entre otros, se tiene como común denominador el uso de motores, sistemas de calefacción y enfriamiento, sistemas hidráulicos y aire comprimido, donde el consumo de energía eléctrica es el mayor demandante del global de energía de los procesos (Heur & Verheijen, 2009; McCart & Kearns, 2012; RECIPE, 2006; Unido & Miti, 1995).

En el presente artículo se describirá en primera instancia el concepto de eficiencia energética y algunos resultados obtenidos en el procesamiento de plásticos. Posteriormente, se describen algunos métodos para determinar consumos de energía, específicamente en empresas transformadoras de plásticos. Adicionalmente, se realizará un resumen y estado actual de diferentes estudios de índices consumos de energía, realizados en empresas del sector de plásticos a nivel nacional e internacional.

2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS

La eficiencia energética se puede definir como la relación entre las energías utilizadas y el volumen o cantidad producida o movilizadas (Tanaka, 2008). La producción y distribución de energía eléctrica en el mundo tiene un alto costo y no es eficiente. Se estima que solo un 35% del total de energía producida por todas las fuentes disponibles actualmente, es aprovechada por la industria y otros sectores (IEA, 2013).

La eficiencia energética se puede impactar desde el diseño y la implementación de tecnologías desarrolladas con criterios de uso eficiente y racional de la energía (Arburg, 2010; García, 2010; Ipsom, 2012; Joseph, 2003; Kent, 2008; Kraussmaffe, 2010; RECIPE, 2005, 2006; Thiriez & Gutowski, 2006), los procedimientos operativos (Heur

& Verheijen, 2009; Noriega & Estrada, 2011; RECIPE, 2006) y el mantenimiento de equipos (Heur & Verheijen, 2009; RECIPE, 2006). Huang & Yang (2012), describen el concepto de los cuatro factores aplicados a empresas transformadoras de plástico, que implementa en forma adecuada los criterios listados de impacto en la eficiencia energética. El concepto de los cuatro factores consiste en mejorar en el doble la eficiencia vía procesamiento y tiempo de ciclo, y reducir el consumo de recursos en la mitad con menor consumo de energía, materia prima y agua.

Tanaka (2008) realiza una descripción y estudio detallado sobre la forma de medir la eficiencia energética en las industrias manufactureras, donde se definen cuatro tipos de indicadores de eficiencia energética: (1) la energía térmica del equipo que es el cálculo de la energía de salida sobre la energía de entrada; (2) el consumo de energía de cantidad absoluta medido en unidades de energía calórica; (3) tasas de difusión de eficiencia energética en plantas y equipos; y (4) la intensidad de energía que valora el consumo de energía sobre un valor físico de salida (KWh/kg). Esta última es la más empleada, ya que al ser medida con respecto a la producción física de artículos industriales tiene la ventaja de comparar desempeños energéticos entre procesos, industrias, empresas e incluso entre países. Este indicador será el referenciado en el presente artículo.

La implementación de mejoras en la eficiencia energética puede tener un gran impacto. El Departamento de Energía de los Estados Unidos, reporta para empresas del sector de plásticos retornos de inversión inmediatos y ahorros anuales hasta US\$ 240000 (Scheihing, 2006). En España, la Agencia Andaluza de la Energía, muestra un estudio completo de programas de incrementos en la eficiencia energética en la industria plástica española. Para la industria petroquímica se hace un estudio basado en

la eficiencia de procesos y equipos complementarios a la transformación de plásticos, con impactos del ahorro de energía en sistemas de calefacción, redes de vapor, aire comprimido, motores eléctricos, sustitución de fuentes de energía por gas natural, cogeneración, mejoras en iluminación y sistemas de producción en frío (Neelis, Worrell, & Masanet, 2008).

3. MÉTODOS PARA VALORAR EL CONSUMO ENERGÉTICO

Consumos fijos y variables en una empresa de plásticos

En cualquier empresa de procesamiento de plásticos es posible determinar la carga base y de proceso, a partir de la información disponible del consumo de energía de la planta y los datos del volumen de

producción. Para esto se requiere registrar el volumen de producción en kilogramos, para un número de meses o semanas y registrar el respectivo consumo de energía en kWh para los mismos periodos (Campos A., 2006). Es posible entonces correlacionar en un gráfico esta información, mediante una ecuación lineal, tal como se ilustra en la Fig. 1, para una empresa de inyección de plásticos (BarcoVision, 2008).

De acuerdo con el ejemplo presentado en la Fig. 1, la información del consumo fijo implica que así no haya producción en la planta de inyección, de igual forma existe un consumo aproximado de 152423 kWh/mes, este valor representa aproximadamente un 30% del consumo energético de la empresa. Dicho valor se encuentra dentro del rango promedio esperado (10% al 40%) para este tipo de empresas (Kent, 2008).

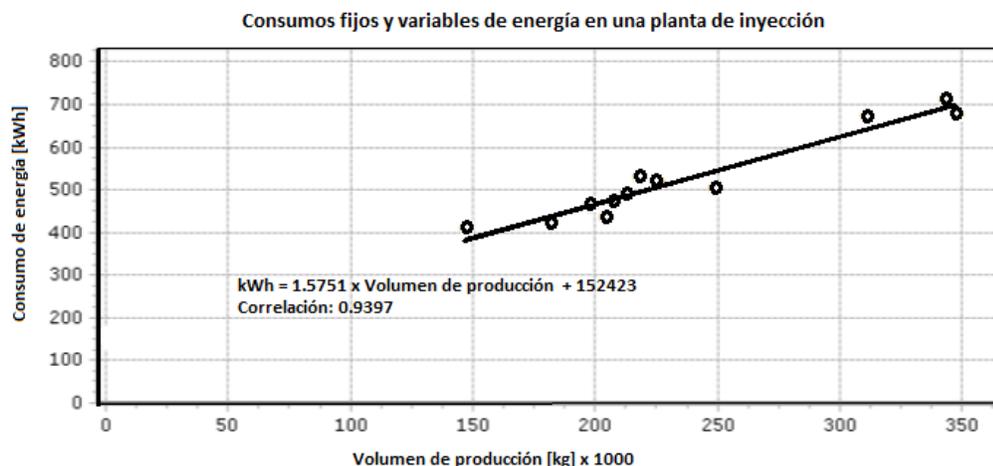


Figura 1. Consumos fijos y variables de energía en una planta de inyección (BarcoVision, 2008)

Figure 1. Fixed and variable energy consumption in an injection industrial plant (BarcoVision, 2008).

El consumo fijo se refiere generalmente a gastos asociados a máquinas y equipos de servicio en continua operación, independiente del volumen de producción de la empresa, tales como aire comprimido,

sistemas de aguas de refrigeración, luminarias, equipos de transporte de materiales, entre otros. Las reducciones en el consumo fijo pueden ser realizadas en algunas ocasiones sin afectar la producción,

calidad y operación de la planta de procesamiento de plásticos. Los ahorros en los consumos fijos son muy rentables, ya que no están directamente relacionados a la producción de la empresa.

De la Fig. 1 se puede observar también que el consumo variable es aproximadamente 1.5751 kWh/kg de plástico procesado. Este consumo muestra la eficiencia de la planta en el procesamiento de plásticos. Las reducciones en el consumo variable indican una mejora en la eficiencia de los procesos productivos. Con base en esta información es posible comparar consumos de energía históricos entre diferentes periodos de tiempo y analizar las reducciones o incrementos en los consumos de energía de la empresa. Adicionalmente, a partir de la información obtenida es posible realizar pronósticos de consumos de energía con base en los consumos históricos que se comportaron por debajo del promedio, para de esta forma crear metas de reducciones de consumos energéticos (Hill & Figueroa, 2007).

Valoración energética entre plantas de procesamiento de plásticos y equipos de proceso

Otro aspecto importante a considerar es cuantificar y comparar el consumo energético de una planta de procesamiento con respecto a otras similares. Esta valoración es posible realizarla en función del consumo específico de energía, el cual se mide en el consumo de energía (kWh) con respecto a cantidad de material procesado (Hill & Figueroa, 2007). Se puede hablar entonces del consumo de energía específico de una máquina de procesamiento de polímero o de una planta, una sección de la planta o de un componente de equipo, de acuerdo a la escala de producción (kilogramos) que se tenga disponible (Kent, 2008).

Si se desea estimar el consumo específico de energía de una planta de procesamiento, se debe disponer entre otras variables de la siguiente información: (1) Variables de producción tales como horas trabajadas por turnos, turnos por día, días efectivos de trabajo al año, (2) El consumo de energía global de la planta en un periodo de tiempo (Ej: un año), (3) La producción total de la planta en el mismo periodo de tiempo (Ej: un año), y (4) Número de máquinas en producción.

Para el cálculo de consumos específicos por equipo de procesamiento, se debe tener en cuenta en el momento de valorar y comparar equipos sus especificaciones técnicas y tecnológicas, ya que estas tienen influencia en sus consumos energéticos. En este caso, para estimar el consumo de energía específico se requiere información más detallada de cada equipo o máquina de procesamiento a evaluar (Kent, 2008), tal como la producción promedio de la máquina de procesamiento y el consumo de energía promedio de la máquina durante su producción.

4. CONSUMOS ENERGÉTICOS EN LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

Consumos por tipo de proceso de transformación

Con la implementación de sistemas de gestión energética, auditorías energéticas o programas de uso racional de la energía en empresas del sector de plásticos, se hace necesario cuantificar los consumos energéticos asociados a la transformación de los materiales plásticos (Kent, 2011; Noriega & Estrada, 2011). A nivel internacional el grupo de investigadores de Tangram Technology (Kent, 2008) en Gran Bretaña, *The EURECIPE report* (EURECIPE, 2005) y el *Department of Science Technology and Environment of Ho Chi Minh City*,

(Pethybridge, Hoi, & Mui, 2002), han realizado varios estudios de consumos de energía por tipos de empresas de procesamiento de plásticos. Algunos valores típicos de consumo de energía específicos promedio para el proceso de inyección se encuentran entre 2.9 a 3.1 kWh/kg y para el proceso de extrusión de 1.5 kWh/kg aproximadamente, (Kent, 2008). Los procesos de transformación de plásticos mencionados corresponden a los más representativos en la actualidad.

Para llegar a este nivel de detalle en estos consumos, discriminado por tipos de

proceso, se ha requerido la evaluación de los consumos específicos de energía en un grupo representativo de empresas de la región de Europa.

Para los procesos de inyección y extrusión, Tangram Technology ha generado la información de curvas de operación de consumos específicos de energía versus volúmenes de producción, en cerca de 98 empresas en todo el mundo (Kent, 2008e). En la Fig. 2 se ilustra el resumen de dicho estudio para estos dos tipos de procesamiento.

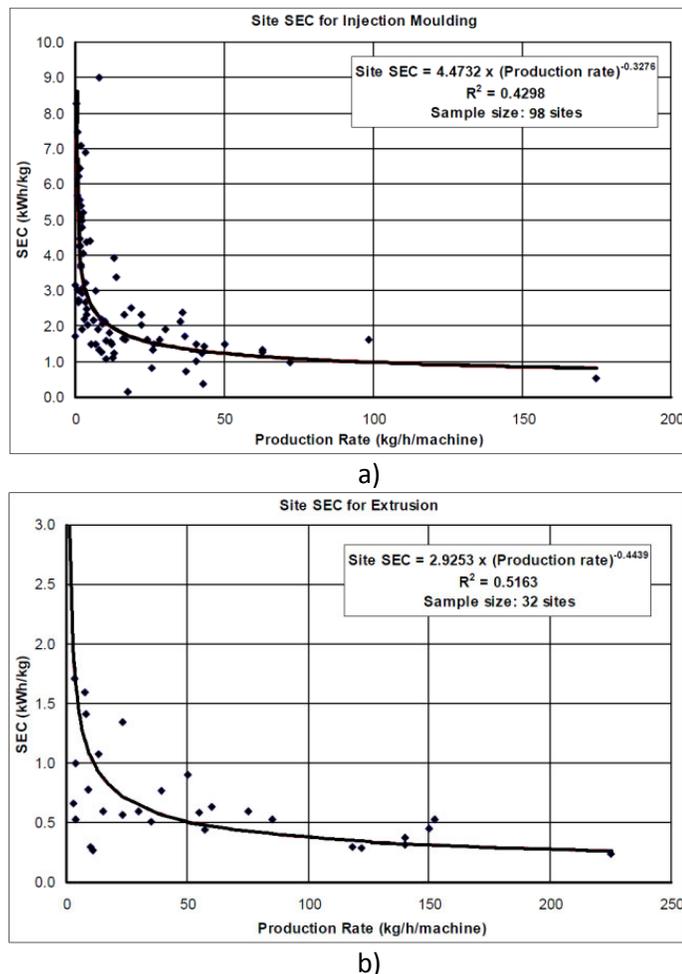


Figura 2. Consumos específicos de energía de empresas de inyección (a) y extrusión (b) generados por Tangram Technology (Kent, 2008).

Figure 2. Specific energy usage in a) injection and b) extrusion industries reported by Tangram Technology (Kent, 2008).

Para los datos obtenidos en el estudio mencionado, se deben tener en cuenta algunas condiciones como (Kent, 2008): (1) El modelo de ajuste de los consumos de energía específicos presenta un menor o mayor error de acuerdo con la cantidad de datos disponibles. (2) El uso de este modelo tiene como propósitos de encontrar valores de referencia promedios, para establecer órdenes de magnitud de valores típicos de diferentes procesos de transformación de plásticos, en este caso inyección y extrusión. (3) Se emplearon varios tamaños de máquinas de inyección y extrusión. Sin embargo, asumiendo un consumo promedio por máquina las desviaciones en el modelo no son significativas. (4) El alto grado de dispersión en la Fig. 2 se debe a las diferentes condiciones de operación de las máquinas y en consecuencia diferentes niveles de eficiencia en la producción. (5) La diferencia en los tipos de materiales procesados parece no tener influencia en el estudio global del modelo.

Se debe tener en cuenta que al ser un estudio global promedio, la alta variabilidad que se puede presentar puede absorber las variaciones en la naturaleza del material, condiciones de proceso entre otros.

Al observar los datos de la Fig. 2, se confirma lo descrito entre los consumos de los procesos de inyección y extrusión, donde los primeros corresponden en un orden de magnitud de prácticamente el doble de consumo de energía con respecto a los del proceso de extrusión. Para otros procesos de transformación de plásticos como termoformado, extrusión –soplado e inyección– soplado, entre otros, la cantidad de datos obtenidos es muy baja, solo se disponen de algunos estudios hechos por Tangram Technology, (Kent, 2008). Sin embargo, no se tiene la suficiente información para obtener conclusiones sobre la eficiencia energética de estos procesos y sus índices de consumos, lo cual puede ser una oportunidad de investigación más

detallada en estos procesos de transformación.

Otro referente internacional importante fue el estudio realizado por Rapra Technology, (Colbert, 2005) para RECIPE (*Reduce Energy Consumption in Plastics Engineering*). Este estudio fue realizado para cerca de 165 empresas de Europa, especialmente en Alemania, España y Gran Bretaña. En los cuales se obtuvieron algunos resultados generales de los consumos de energía específicos por países y por tipo de procesos productivos de plásticos.

En otros países como Estados Unidos y Canadá, no se disponen de datos puntuales de consumos específicos de energía del sector de plásticos. Sin embargo, se tienen estudios muy completos de mejoras en la eficiencia energética en plantas de procesamiento de plásticos y cauchos, a partir de estudios de consumos de energía (KEMA, 2012; SPI & Energy, 2005). En el gobierno de Canadá se presenta una guía completa enfocada a las industrias de procesamiento de plásticos en esta región, definiendo el perfil del sector en sus procesos y productos (CIPEC & Industry, 2007).

Consumos según tipo de maquinaria

De igual forma, a nivel de equipos y máquinas de procesamiento es posible obtener el consumo de energía específico. En este caso, se requiere la medición particular del consumo de energía promedio de la máquina durante su operación y su correspondiente producción, así como también varias mediciones, ya que en una misma máquina se pueden configurar diferentes tipos de productos (piezas de pared delgada o gruesa) y diferentes materiales y condiciones de proceso; es por este motivo que se debe hablar de un promedio de consumo de energía específica.

La empresa Tangram Technology, ha realizado una labor investigativa, midiendo, recopilando y procesando la información de consumos de energía específica de equipos de inyección y extrusión alrededor del mundo (ver Fig. 3). Para tener en cuenta la referencia de estos datos se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones (Kent, 2008) : (1) El estudio comparativo del consumo de energía específica (SEC) de las máquinas de procesamiento es un valor promedio y algunas combinaciones máquina/molde tienen un SEC considerablemente bajo, dependiendo de la productividad obtenida (kilogramos/hora). (2) El modelo de estudio no tiene en cuenta los diferentes tamaños de máquinas empleadas en las diferentes plantas de procesamiento. (3) Las máquinas de inyección monitoreadas fueron todas máquinas convencionales hidráulicas. (4) El alto grado de dispersión en la gráfica se debe a las diferentes condiciones de operación de las máquinas. (5) La diferencia en los tipos de materiales procesados parece no tener influencia en el estudio global del modelo.

Se debe tener en cuenta que al ser un estudio global de máquinas, la alta variabilidad que se puede presentar puede absorber las variaciones en la naturaleza del material, condiciones de proceso entre otros. Como se describieron, los anteriores estudios corresponden a consumos promedios por procesos y por máquinas (inyectoras y extrusoras). Recientemente se han venido realizando estudios más especializados por procesos, que involucran las variables de máquina, material y producción. Weissman, Gupta, Ananthanarayanan, & Sriram (2010) proponen una metodología para estimar el consumo de energía de piezas inyectadas desde la etapa de diseño, teniendo en cuenta la información de la geometría del producto, las especificaciones técnicas de la inyectora, las propiedades del material

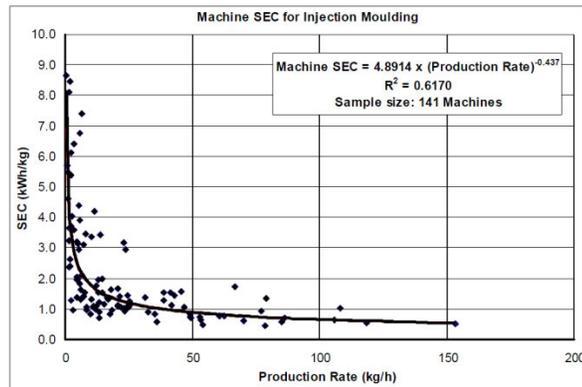
plástico y los tiempos de entrega de producción.

LLu, Gong, Yang, & Lu (2012) implementaron un diseño de experimentos basado en el método de Taguchi, combinado con un análisis de proceso (ANOVA) y redes neuronales para describir el modelo de optimización de inyección que incluye el consumo de energía en su análisis. Villegas & Naranjo (2013) presentan también una metodología para mejorar la eficiencia energética en el proceso de inyección, partiendo del estado actual del procesamiento, midiendo el consumo de energía con un sistema de captación de datos, acompañado de un software que permite obtener los consumos de energía en cada etapa del ciclo de inyección, para de esta forma determinar qué etapa del proceso se puede optimizar. En este mismo sentido, Gong, Lu, Lu, & Yang (2012) proponen un modelo de consumo de energía transición, en el cual analizando varias piezas de inyectadas logran un balance entre bajo consumo de energía y buena calidad de la pieza inyectada.

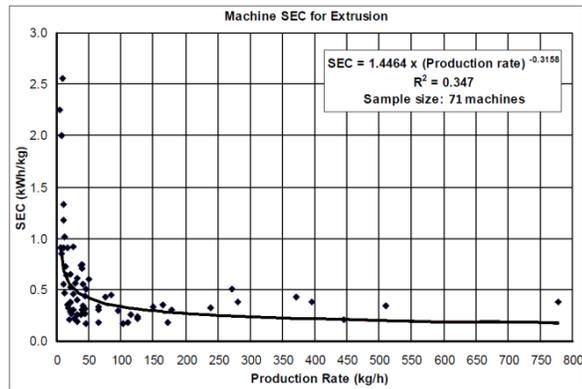
En el proceso de extrusión también se tienen algunos estudios más detallados de consumos de energía. Mena & Estrada (2013) muestran un estudio de consumos de energía para una extrusora mono husillo con alimentación forzada en una ventana amplia de operación (15 puntos), los autores concluyen que este equipo se debe operar con altos niveles de velocidad del husillo y altas restricciones del equipo (cabezales), alcanzando una mayor estabilidad en el flujo másico, mayor eficiencia energética y menor consumo de energía específica. Cantor (2010) propone un análisis de consumo de energía para un polímero semicristalino y amorfo con tres diseños diferentes de husillos, recomendando la implementación de elementos de mezcla, un buen aislamiento de la zona de calefacción y altas velocidades de rotación con el propósito de optimizar el consumo de energía de la

extrusora. En las zonas de calefacción Christiano, Wheeler, Baird, & Standard (2011) proponen un nuevo diseño, el cual reduce la energía requerida para calentar el cilindro entre 24 y 33% con respecto al diseño convencional. Para extrusoras doble

husillo, Canedo & Dreiblatt (2012) desarrollaron un modelo computacional en una dimensión para calcular el consumo de energía específica, permitiendo optimizar la eficiencia de plastificación y minimizando la temperatura de fundido.



a)



b)

Figura 3. Consumos específicos de energía en inyectoras a) y extrusoras, b) generados por Tangram Technology, (Kent, 2008).

Figure 3. Specific energy usage in a) injection moulding machines and b) extrusión machines reported by Tangram Technology, (Kent, 2008).

Como iniciativas de estudios energéticos relacionados al subsector de plásticos en Colombia, se pueden mencionar el realizado por la Cámara de Comercio de Bogotá en convenio con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), MIF FOMIN y la Corporación Ambiental Empresarial de Bogotá. Este estudio estuvo dirigido a definir una guía metodológica para el uso eficiente de la

energía en el sector de plásticos (Novoa et al., 2009). Un primer estudio a nivel regional enfocado a determinar índices energéticos para la industria del plásticos y diferentes procesos fue el realizado por los investigadores docentes de la Universidad de los Andes René, Larrotta, & Rey (2000), donde se realizaron mediciones para diferentes procesos de

transformación de plásticos en empresas de la ciudad de Bogotá.

En el Instituto de Capacitación e Investigación del plástico y del Caucho, ICIPC, se han desarrollado diversos proyectos y estudios de mejoramiento energético en algunas empresas del sector plásticos en Colombia, tales como Vinipack en Bogotá, Diax y Prodevases en el área metropolitana de Medellín (ICIPC, 2013). En donde partiendo de las mediciones energéticas actuales se pudieron pactar y lograr metas de ahorro en energía.

5. CONCLUSIONES

La industria del plástico es un sector de gran potencial de desarrollo a nivel nacional e internacional. Es importante tener en cuenta su impacto en los consumos energéticos requeridos, para procesar y transformar los diferentes materiales plásticos. En su mayoría, los equipos de procesamiento requieren energía eléctrica para transformar los plásticos y estos representan más de la mitad del consumo de energía global para generar un producto plástico. El consumo energético tiene una relevante influencia sobre la competitividad de las empresas de plásticos y contribuye a la mitigación del impacto ambiental de este sector manufacturero.

En lo encontrado en la literatura, se pueden distinguir dos frentes de trabajo de investigación en el consumo de energía en el sector productivo de plásticos. En primera instancia, se dispone de información de referentes internacionales de consumos de energía globales por tipos de proceso y equipos de procesamiento. Otro frente de trabajo de interés es la exploración de metodologías e investigaciones para

casos de estudio más detallados de optimizaciones en consumos de energía, para procesos de transformación de plásticos (inyección y extrusión), en los cuales se tiene en cuenta el tipo de tecnología, material a procesar, geometría del producto y condiciones de producción. Para estos dos campos de trabajo se encuentra que a nivel nacional aún falta trabajo y proyectos por desarrollar en el área de la optimización del recurso energético para el procesamiento de materiales plásticos.

Normalmente, las empresas cuantifican los consumos de materia prima y la producción en kilogramos, sin embargo, no se mide la energía consumida por los procesos (kWh) y por lo tanto la relación kWh/kg es un valor poco conocido o cuantificado, este hecho motiva la necesidad de realizar una caracterización más amplia de los consumos energéticos en las regiones de mayor desarrollo y producción del sector plástico en Colombia.

En general, los estudios realizados son iniciativas de grupos de investigación, universidades y centros de consultorías, mas no de estudios específicos de empresas. Sin embargo, en la actualidad no se tiene un estudio global energético del sector de plásticos para otras regiones importantes en la industria del plástico tales como Antioquia, Valle, Santander y la costa Atlántica (Cartagena, Barranquilla), que permita caracterizar y conocer los índices de consumo de energía de las empresas de transformación de plásticos en Colombia. Este hecho muestra una gran oportunidad para valorar la eficiencia energética de las plantas de procesamiento de plásticos de nuestras regiones y determinar potenciales acciones de mejora, para optimizar el uso racional de la energía en este sector de empresas.

REFERENCIAS

- Acoplásticos. (2011). *Las materias plásticas en Colombia, principales variables de su evolución en el trienio 2008-2010*. Plásticos en Colombia 2011-2012, 81–133.
- Arburg (2010). *Andaltec –presentación eficiencia energética Inyección rentable Índice*. Jornadas de eficiencia energética. Martos, España. Recuperado de: <http://andaltec.org/documentacion/pdf/1286263470.pdf>
- BarcoVision (2008). La monitorización de la energía acarrea un ahorro potencial enorme en las empresas del procesado de plásticos. Recuperado de: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/192311/BARCOVISION_BMS_EnergyMonitoringPlastics.pdf
- Bernia, A. (2011). Técnicas para la reducción del consumo energético. *Plásticos Universales*, 297, 46–47.
- Campos, J. C. (2006). *Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética*. Recuperado de: <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpZyEkkEuulBycVxCr.php>.
- Canedo, E., & Dreiblatt, A. (2012). *Distribution of specific energy in twin-screw corotating extruders using one-dimensional process simulation*. ANTEC 2012.
- Cantor, K. M. (2010). *Analyzing extruder energy consumption*. ANTEC 2010, 603–609.
- Christiano, J. P., Wheeler, N., Baird, J., & Standard, D. (2011). *Improving the energy efficiency of a barrel heater - cooler design for high temperature single screw extrusion applications*. ANTEC 2011, 1267–1271.
- CIPEC, & Industry, C. P. (2007). *Guide to energy efficiency opportunities in the canadian plastics processing industry*. Recuperado de: <http://oeenrncan.gc.ca/sites/oeenrncan.gc.ca/files/pdf/industrial/technical-info/benchmarking/plastics/documents/plastics-guide-english-january-2008.pdf>
- Colbert, J. (2005). *A RECIPE for energy management*. Recuperado de: www.euRECIPE.com
- EU RECIPE. (2005). *2005 European benchmarking survey of energy consumption and adoption of best practice*. Recuperado de: http://www.iee-library.eu/index.php?option=com_jombib&task=showbib&id=583
- García, V. (2010). *Ahorro Energético en los procesos de transformación en materias plásticas con el sistema Ecodry de Frigel*. Jornadas de eficiencia energética, Martos, España. Recuperado de: <http://andaltec.org/documentacion/pdf/1286263382.pdf>
- Gong, G., Lu, N., Lu, J. & Yang, Y. (2012). *A single machine scheduling strategy for energy saving in injection molding process*. ANTEC 2012.
- Gough, A., Gaffney, B. & Mccann, B. (2006). *A Competitiveness Analysis of the Polymer and*

- Plastics Industry on the Island of Ireland. InterTradeIreland. *Plastics Ireland*, 88.
- Heur, R. Van, & Verheijen, M. (2009). Power Quality & Utilization Guide. *Plastics Industry*, 22. Recuperado de: http://www.leonardo-energy.org/files/root/pdf/Application_Guide_Plastics.pdf
- Hill, B. A. & Figueroa, E. (2007). *Administración de los recursos energéticos*. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: http://www.metropol.gov.co/ProduccionLimpia/Documents/Usos%20eficientes%20Energia/Administracion_Recursos_Energeticos.pdf
- Huang, Y., & Yang, G. (2012). The Applied Research of Green Production Technologies Based on the Production in Plastic Molding Factories. *Energy Procedia*, 14, (1), doi:10.1016/j.egypro.2011.12.887
- ICIPC. (2013). Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho, ICIPC. Gruoplac Colciencias. Recuperado de: <http://201.234.78.173:8080/gruoplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?numero=00000000003414>
- IEA, International Energy Agency. (2013). World energy outlook 2013. World Energy Outlook. Recuperado de: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/world-energy-outlook-2013---executive-summary---spanish-version.html>
- Ipsom. (2011). Las empresas del sector del plástico pueden ahorrar una media de un 30% en suministro energético. leetu. Recuperado de: <http://www.leetu.com/2010/09/02/las-empresas-del-sector-del-plastico-pueden-ahorrar-una-media-de-un-30-en-suministro-energetico/>
- Ipsom. (2012). *Caso exitoso de ahorro de energía en el proceso de inyección*. Recuperado de <http://www.ipsom.com/proyectos/inyeccion/>.
- Joseph, B. (2003). *Energy Efficient Injection Molding Operation*. California Edison Company.
- KEMA. (2012). *Industrial Sectors Market Characterization*. Plastic Industry. Oakland, California. Recuperado de: http://calmac.org/publications/Final_Plastics_Market_Characterization.pdf
- Kent, R. (2008). *Energy Management in Plastics Processing*, (1ra Ed.). Londres, Inglaterra: Plastics Information Direct.
- Kent, R. (2008b). Energy management in plastics processing framework for measurement, assessment and prediction. *Plastics, Rubber and Composites*, 37(2/3/4).
- Kent, R. (2009). *Introduction to energy management for plastics processors*. Plastics Technology. Recuperado de: <http://www.ptonline.com/articles/introduction-to-energy-management-for-plastics-processors>

- Kent, R. (2011). *Energy Management in Plastics Processing. A Signposting Guide by The British Plastics Federation*. Recuperado de: www.bpf.co.uk
- Kraussmaffe, T. (2010). BluePower – Eficiencia por KraussMaffei BluePower. Jornadas de eficiencia energética. Martos, España. Recuperado de: <http://andaltec.org/documentacion/pdf/1286263428.pdf>
- Ltd, T. T. (2013). TANGRAM TECHNOLOGY Ltd. - Consulting Engineers for Plastics Products. Retrieved from <http://www.tangram.co.uk/>
- Lu, N., Gong, G., Yang, Y. & Lu, J. (2012). Multi-objective process parameter optimization for energy saving in injection molding process. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 13(5), 382–394. doi:10.1631/jzus.A1100250
- McCart, M. & Kearns, M. (2012). Case Study: Polymer processing research center Queens University. British Plastics Federation. Recuperado de: http://www.bpf.co.uk/Sustainable_Manufacturing/Energy_Efficiency/Polymer_Processing_Research_Centre.aspx
- Men Mena, J. & Estrada, O. (2013). *Eficiencia energética en el proceso de extrusión monohusillo con alimentación forzada*. ICIPC Colloquium 2013.
- Naranjo, A. (2012). *Ecoeficiencia en el uso de energía en la industria de plásticos*. Tecnología del plástico. Recuperado de: http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARTICULO_S/doc_89033_HTML.html?idDocumento=89033
- Neelis, M., Worrell, E. & Masanet, E. (2008). Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Petrochemical Industry An Energy Star Guide for Energy and Plant Managers. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 1-132.
- Noriega, M. del P. & Estrada, O. A. (2011). *Uso eficiente de la energía en el procesamiento de plásticos. Tecnología del plástico*. Recuperado de: http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARTICULO_S/doc_84072_prnIN04.html?idDocumento=84072
- Novoa, C. A., Rojas, C. F., Cano, C. C., Rincón, L. M., Sanz, F. S., Caicedo, O. P. y Corredor, A. (2009). *Guía metodológica para el uso eficiente de la energía en el sector de plásticos*, 52. Recuperado de: http://www.caem.org.co/documentos/600_GUIA_METODOLOGICA_PLASTICOS.pdf
- Padur, P. & MacDougall, W. (2011). *The Plastics Industry in Germany*, (2010). Germany Trade & Invest 10, 1-17.
- Pethybridge, E., Hoi, T. & Mui, D. T. (2002). Plastic Industry Environmental Review. Hanoi University of technology Institute for environmental science and institute for environmental science and mental science and

- technology. *Technology Vietnam Cleaner Production Centre*, 1-55.
- PlasticsEurope & Organisations, (2012). *Plastics – the Facts 2012 An analysis of European plastics production, demand and waste data for 2011*. Recuperado de: www.plasticsconverters.eu
- Prias Caicedo, O. F. (2010). *Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales – PROURE*. Bogotá - Colombia. Ministerio de Minas y Energía República de Colombia. Plan de Acción 2010-2015, 1-150.
- RECIPE (2006). *Low Energy Plastics Processing. European Best Practice Guide*, 80. Recuperado de: <http://www.euRECIPE.com/default.asp?Lang=4&Page=21>
- RECIPE (2005). *European Benchmarking Survey of Energy Consumption and Adoption of Best Practice. Reduced energy consumption in plastics engineering*. Recuperado de: http://www.seai.ie/Your_Business/Large_Industry_Energy_Network/Workshop_Presentations/Plastics_recipe.pdf
- René, J., Larrotta, S. & Rey, O. P. (2000). *Situación energética general del sector de los plásticos en Bogotá*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Santa María, M., Fehr, N.-H. Von Der, Millán, J., Benavides, J., Gracia, O. & Schutt, E. (2009). *El mercado de la energía eléctrica en Colombia: características, evolución e impacto sobre otros sectores*. Cuadernos de Fedesarrollo, No. 30, 62.
- Scheihing, P. (2006). *Department of Energy: Save Energy Now Challenges for Energy-Intensive Industries*. In SPI Energy Efficiency Workshop. Industrial Technologies Program Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Chicago, Illinois, 1-23.
- SPI & Energy, U. S. D. of. (2005). *Improving Energy Efficiency at U.S. Plastics Manufacturing Plants*. Recuperado de: http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_deployment/pdfs/plastics_report.pdf
- Suosa M., F., (2014). *Eficiencia energética en una industria de inyección de plásticos: problemas e soluciones*. (Tesis de maestría). Universidade do Porto. Portugal.
- Tanaka, K. (2008). *Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy*. *Energy Policy*, 36(8), 2887–2902. doi:10.1016/j.enpol.2008.03.032
- Thiriez, A. & Gutowski, T. (2006). *An Environmental Analysis of Injection Molding*. Recuperado de: http://web.mit.edu/2.810/www/Thiriez_ISEE_2006.pdf
- UNIDO & MITI (1995). *Plastic Forming Industry*. In *Output of a Seminar on Energy Conservation in Plastic Forming Industry*. Recuperado de: <https://www.unido.org/fileadmin/import/userfiles/puffk/plastic.pdf>

- Villegas, J. & Naranjo, A. (2013). *Eficiencia energética, caso aplicado al proceso de inyección*. ICIPC Colloquium 2013. Medellín-Colombia.
- Weissman, A., Gupta, S. K., Ananthanarayanan, A. & Sriram, R. D. (2010). *A systematic methodology for accurate design-stage estimation of energy consumption for injection molded parts*. Proceedings of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference.

COSTEO BASADO EN ACTIVIDADES –ABC: REVISIÓN DE LITERATURA

Activity-based costing –ABC: literature review

Alina Marcela Bustamante Salazar

M.Sc. en Administración. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia.
alinabustamante@itm.edu.co

Cómo citar / How to cite

Bustamante, A. (2015). Costeo basado en actividades. Revisión de la literatura. *Revista CEA*, 1(1), 109-119.

Recibido: 24 de junio de 2014

Aceptado: 16 de septiembre de 2014

Resumen

En la década de 1980 la contabilidad de gestión experimenta el surgimiento de un nuevo sistema: costeo basado en actividades, lo que implica un cambio de énfasis del registro de información para la valuación de los inventarios y la elaboración de informes financieros, al control de los recursos, las actividades y la generación de información para la toma de decisiones. Este artículo presenta una síntesis de los antecedentes, los fundamentos, las potencialidades, las limitaciones y las aplicaciones en sectores específicos del costeo basado en actividades, a partir de la revisión de literatura de artículos publicados en revistas académicas especializadas durante el periodo 2007-2014.

La revisión muestra que a pesar de las potencialidades de los sistemas ABC para la asignación más precisa de los costos, el control de los recursos y la gestión de la capacidad disponible, la complejidad y el alto costo que implica su implementación se constituyen en limitaciones. Así mismo, se evidencia una mayor aplicación en organizaciones privadas del sector salud y manufactura, encontrándose menos evidencias respecto a su aplicación en organizaciones públicas.

Palabras clave: costeo basado en actividades, sistemas de costos, ABC.

Abstract

In the 1980, management accounting experience the emergence of a new system: activity-based costing and with it a change of emphasis, the record of information for the valuation of inventories and reporting financial; control of resources, activities and generating information for decision-making. This article presents an overview of the background, rationale, potential, limitations and applications in specific sectors of activity-based costing, based on the literature review of articles published in academic journals during the 2007-2014 period.

The review shows that despite the potential of ABC systems for more accurate cost allocation, resource control and management of the available capacity; the complexity and high cost of its implementation constitute limitations. Likewise, a wide application in private health organizations and manufacturing sector is evident while it is less obvious regarding its application in public organizations.

Keywords: activity-based costing, cost systems, ABC.

1. INTRODUCCIÓN

De modo general, la contabilidad puede ser comprendida como un sistema de información que mide y comunica hechos económicos y sociales de una organización, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas acerca del uso de los recursos y el cumplimiento de los objetivos de la organización (Aguiar et al., 1998). Tal como lo señalan Ripoll Feliu y Urquidi (2010, p. 3), esta se constituye en el sistema de información más importante de la empresa, que opera en los ámbitos interno y externo, para satisfacer las necesidades de diferentes usuarios. Las empresas modelan, desarrollan y utilizan diferentes sistemas de información contables (Gómez, 2007), uno de ellos es el de la contabilidad de gestión.

Según Johnson y Kaplan (1988) la contabilidad de gestión apareció por primera vez en el siglo XIX en los Estados Unidos, con el propósito de determinar con precisión el costo de los productos y contribuir con información para la fijación de los precios de venta, la valuación de los inventarios y apoyar la toma de decisiones. Sin embargo, al priorizar la aplicación de normas financieras y fiscales para cumplir requerimientos legales, de usuarios externos, se obnubilaron las potencialidades de esta para medir la eficiencia, la rentabilidad y apoyar la implementación de la estrategia de la empresa.

Durante casi todo el siglo XX la contabilidad de gestión atraviesa un proceso de estancamiento (Johnson & Kaplan, 1988), (Torrecilla, Fernández, & Gutiérrez, 1993) hasta llegar a la década de 1980, con la aparición del sistema de costos basado en las actividades —ABC—, y con él un cambio de énfasis, del registro de información para la valuación de los inventarios y la elaboración de informes financieros; al control de los recursos, las actividades y la generación de información para la toma de decisiones.

Así como lo señala Mallo (2009, p. 21), el surgimiento de los costos ABC representa para la contabilidad de gestión un cambio de paradigma; varios autores coinciden en considerar que estos se constituyen en una de las áreas de investigación y de aplicación más importante en la contabilidad de gestión (Rodríguez-Maeso, 2010), (Duque Roldán & Osorio Agudelo, 2013), (Harris & Durden, 2012), (Fei & Isa, 2010), (Osorio Agudelo & Duque Roldán, 2002).

Este artículo se propone explicar los antecedentes, la fundamentación, las potencialidades, las limitaciones y los factores que inciden en la implementación del costeo ABC, así como la aplicación en sectores específicos, a partir de la revisión de literatura de artículos publicados en revistas académicas durante el periodo 2007-2014.

2. METODOLOGÍA

La revisión de la literatura que se presenta en este artículo fue efectuada en la base académica Ebsco, utilizando como criterio de búsqueda los conceptos activity-based costing y ABC, en los títulos y en las palabras clave de los artículos publicados en el periodo 2007 hasta mayo de 2014. También se incluyeron algunos libros y las memorias de congresos de contabilidad y gestión que se encuentran en google académico.

En total se revisaron 51 referencias, estas fueron clasificadas en tres categorías: aquellas que estudian los antecedentes y fundamentación del costeo ABC (dentro de esta categoría se incluyeron algunos artículos de revisión de literatura sobre contabilidad de gestión; los costos ABC son una de las temáticas de mayor relevancia de este campo académico) que corresponde al 43% de las referencias revisadas; el 37% se refiere a las potencialidades, limitaciones y factores que inciden en la implementación de este sistema de costos; y un 20% corresponde a la

aplicación del costeo ABC en sectores específicos.

Aunque existen algunos estudios de revisión sobre contabilidad de gestión (João Lunkes, Ripoll Feliu, & Silva da Rosa, 2013), (Duque Roldán & Osorio Agudelo, 2013), (Harris & Durden, 2012); (Ripoll Feliu & Urquidi, 2010) y de costos ABC (Moisello, 2012), (Fei & Isa, 2010), (Rodríguez-Maeso, 2010), (Caldera, Baujín, Ripoll Feliu, & Vega, 2007), el alcance y los periodos de revisión son diferentes a los que se presentan en este artículo.

La investigación de João Lunkes et al. (2013) analiza los artículos sobre contabilidad de gestión publicados durante el periodo 2000-2010 en revistas académicas de España y Brasil indexadas en ISI y SCOPUS. Los autores encuentran que los costos son una de las líneas de investigación más importantes en contabilidad de gestión, sin embargo su estudio es general y no hace énfasis en los costos ABC.

Una situación similar se presenta en el estudio de Ripoll Feliu y Urquidi (2010) los autores investigan las herramientas de contabilidad de gestión más utilizadas en la práctica empresarial, los hallazgos indican que los sistemas de costos ABC son una nueva técnica de gestión que se utiliza en algunas empresas. Duque Roldán y Osorio Agudelo (2013) analizan el estado de la investigación en contabilidad de gestión y costos en Colombia y concluyen que este es incipiente; las revistas colombianas especializadas en contabilidad y administración presentan una baja indexación, aunque reconocen que los sistemas de costos ABC son uno de los temas que más interesa a los investigadores.

Desde el punto de vista de los costos ABC, Rodríguez-Maeso (2009) presenta una revisión de literatura de artículos publicados durante el periodo 2003-2009 en revistas académicas de alto impacto, incluidas en los índices *Journal Citation Report-JCR* y *Scimago Journal Rank-SJR*. El autor indaga sobre las

áreas de investigación, los fundamentos teóricos y los métodos de investigación aplicados y concluye que los factores contextuales y políticos inciden en la implementación del ABC, los errores en las estimaciones de tiempo y la información para la toma de decisiones son los temas más investigados.

Las revisiones anteriores sobre contabilidad de gestión y los sistemas de costos ABC presentan limitaciones en cuanto a los temas incluidos, el periodo de tiempo revisado y los criterios de selección de artículos. Los artículos que revisan la evolución de la contabilidad de gestión sirven de contexto general para conocer las principales líneas de investigación que interesan a los académicos de esta área; una de ellas se refiere, precisamente, a los sistemas de costos ABC, sin embargo, los autores no estudian en profundidad los desarrollos de estos sistemas.

Aunque algunos autores han estudiado la evolución (Caldera et al., 2007) y los factores de éxito en la implementación de los sistemas ABC (Moisello, 2012), (Fei & Isa, 2010), el alcance de su revisión es limitada en el tiempo, solo incluyen la bibliografía publicada hasta 2009 y en otros casos (Rodríguez-Maeso, 2010) solo tienen en cuenta los artículos publicados en revistas académicas de alto impacto, incluidas en ISI y SCOPUS, lo cual excluye un gran número de revistas académicas y profesionales del área contable y administrativa que se encuentran indexadas en otras bases de datos. Las consideraciones anteriores se constituyen en argumentos que justifican la realización de una nueva revisión.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los artículos y textos revisados fueron organizados en tres temáticas: aquellos que estudian los antecedentes y la

fundamentación de los sistemas de costos ABC; las potencialidades, las limitaciones y los factores que inciden en la implementación de estos sistemas y, finalmente, aquellos que documentan su aplicación en sectores específicos. A continuación se explican cada uno.

Antecedentes y fundamentación de los sistemas de costos ABC

Los antecedentes del costeo ABC se pueden encontrar en la obra de Porter (1987) acerca de la cadena de valor, y en el artículo de Miller y Vollmann (1985) sobre el costeo de transacciones. La cadena de valor se concibe como el conjunto interrelacionado de actividades creadoras de valor que se desarrollan internamente en la empresa, para entregar un producto o servicio al cliente —perspectiva micro—, así como en los eslabones de la cadena a la cual pertenece la empresa —perspectiva macro—. Se requiere, entonces, estructurar apropiadamente los procesos de la empresa, identificando las actividades que originan los costos, por medio de relaciones causa efecto asociadas en la cadena de valor (Kapić, 2014), (Caldera et al., 2007, p. 16), (Rodríguez, 2001, p. 17).

De otro lado, Miller y Vollmann (1985) consideran que un adecuado control de los costos indirectos parte del estudio y el control de las transacciones que los originan. De modo que se requiere, inicialmente, conocer los factores que originan los costos en cada departamento, es decir, las transacciones que consumen recursos, para posteriormente asignarlas a los productos o servicios (Johnson & Kaplan, 1988, pp. 228-229).

Los sistemas de costos ABC se definen como un sistema de gestión empresarial que permite a las organizaciones calcular el costo de las actividades y los procesos con base en

los recursos que estas utilizan y luego los asigna a los productos, los servicios y demás objetos de costos, según los requerimientos de la gerencia, suministrando información relevante para la toma de decisiones en cuanto a la medición del desempeño, el control de los procesos, el presupuesto de los recursos y el análisis de la rentabilidad de estos, los servicios, los clientes y los proveedores (Cooper & Kaplan, 1992, 1998).

El marco de acción del enfoque basado en las actividades se extiende, más allá del cálculo de costos, a otros procesos de las organizaciones, surgiendo así la gestión basada en actividades — *activity-based management* —ABM— (Kaplan & Cooper, 1999), la contabilidad por actividades — *activity accounting* —AA— (Brimson, 1997) y el presupuesto basado en actividades — *activity-based budgeting* —ABB— (Cataldo Pizarro, 1997). Cuervo Tafur y Osorio Agudelo (2007) definen la gestión basada en actividades como una metodología administrativa para la planeación y la gestión, que facilita la evaluación del desempeño de las actividades que integran la operación del negocio y los recursos que estas emplean. Por su parte, Brimson (1997) afirma que la contabilidad por actividades identifica y analiza las actividades que se ejecutan en una organización, determina su costo y su rendimiento. Este análisis permite a los gerentes comprender detalladamente qué hace la empresa y cómo lo hace, y ayuda a identificar aquellas actividades que no agregan valor y que pueden eliminarse para optimizar el uso de los recursos. Por último, el presupuesto basado en actividades permite determinar los recursos que requieren las unidades operativas y los centros de responsabilidad, basándose en las demandas de actividades que se espera que se realicen (Kaplan & Cooper, 1999, p. 347) (Kaplan & Anderson, 2007, p. 21).

Los sistemas de costos ABC parten de una visión sistémica de la organización, esta se entiende como un conjunto de procesos y

actividades interrelacionadas que se llevan a cabo para cumplir el objeto social. Las actividades consumen recursos y son necesarias para fabricar los productos o prestar los servicios que oferta la organización, de modo que los recursos se asignan a las actividades, y el costo de las actividades se asigna a los objetos de costos a través de bases de asignación, factores que causan el costo denominados inductores o *cost drivers*. Así entonces, los recursos, las actividades y los inductores de costos son los conceptos básicos que fundamentan los sistemas de costos ABC.

Inicialmente se desarrolló el sistema de costeo basado en las actividades –ABC. Thomas Johnson, Robert Kaplan y Robin Cooper fueron los autores pioneros que construyeron las bases conceptuales de este sistema. Tal como lo señala Mallo (2009), el boom publicitario ayudó a su rápida difusión en los contextos gerenciales y contables de muchos países. Sin embargo, con el tiempo se experimentó una disminución y una vuelta atrás en las empresas que habían iniciado su implementación. El alto costo, la rigidez - dificultades para actualizar el sistema- y la complejidad en su implementación y sostenimiento se constituyeron en razones para su decadencia.

Posteriormente, Robert Kaplan y Steven Anderson proponen una nueva versión denominada costeo basado en el tiempo invertido por actividad o TDABC, por sus siglas en inglés. Según lo señala Kaplan (2014, p.78) la innovación de esta nueva versión es redescubrir la ecuación básica en el cálculo de los costos, según la cual, el costo de un recurso es igual a la cantidad de unidades de recursos utilizados por el precio de cada unidad de recurso. Este sistema permite asignar los recursos directamente a los objetos de costos, a través de un coeficiente de capacidad que se calcula dividiendo el costo de los recursos sobre su capacidad práctica, es decir, el tiempo que estos están disponibles en la organización,

para su posterior asignación a los objetos de costo (Gómez & Quintero, 2012).

El costeo basado en el tiempo invertido por actividad, utiliza el tiempo como inductor para la asignación de los costos, y permite actualizar fácilmente el cálculo de los costos, cada vez que se realicen cambios en los métodos o procedimientos de trabajo.

Potencialidades, limitaciones y factores que inciden en la implementación de los sistemas de costos ABC

Los sistemas de costos ABC surgen en la década de 1980 como una alternativa para hacer frente a las limitaciones de los sistemas tradicionales de costos para la asignación precisa y confiable de los costos indirectos. Los sistemas tradicionales se habían enfocado principalmente en la valoración de los inventarios y la determinación de los costos de venta para la elaboración de informes financieros, en algunas ocasiones se utilizaban criterios arbitrarios para la asignación de los costos a cada línea de producto, esto dificultaba el análisis de la rentabilidad de los productos y poco contribuía en la toma de decisiones.

Así entonces, las principales potencialidades de los sistemas de costos ABC están relacionadas con la asignación precisa de los costos, la utilización de múltiples bases de asignación, inductores o *cost drivers* para la asignación de estos. Por otra parte, el análisis de las actividades realizadas en la empresa ayuda a comprender el funcionamiento de la misma y a detectar las posibilidades de mejoramiento, eliminando las actividades que no agregan valor. De este modo, estos sistemas se constituyen en una herramienta gerencial para evaluar el desempeño de la empresa y mejorar su posición competitiva. Algunos autores, como Maiga y Jacobs (2008), han encontrado que el uso extensivo de los sistemas de costos

ABC están asociados positivamente con el mejoramiento de la calidad, el costo, los ciclos de tiempo y la rentabilidad de las empresas.

En relación con las limitaciones de los sistemas de costos ABC, algunos autores consideran que el diseño y la implementación de estos sistemas suelen ser complejas y costosas, dado que se requiere recolectar información detallada acerca de las actividades que realizan los empleados, los tiempos y los recursos que se utilizan en estas (Cuervo Tafur & Osorio Agudelo, 2007), (Hedhili, 2013). Para superar esta debilidad, Kaplan y Anderson (2007) proponen los sistema de costos basados en el tiempo invertido por actividad o TDABC, según los autores «la innovación del modelo de TDABC es que utiliza el tiempo para asignar costos directamente de los recursos a los objetos de coste, eliminando por completo la tediosa fase de asignación de costos de los recursos a las actividades» (Kaplan & Anderson, 2007, p.28).

Así mismo, en algunas empresas resulta problemático y costoso el sostenimiento y continuidad del sistema de costos ABC, por la cantidad de datos que requiere procesar y analizar, unido a la falta de conexión con otros sistemas de información de la empresa (Gómez, Duque Roldán, & Cuervo Tafur, 2005), (Kaplan & Anderson, 2007), (Cokins & Căpușeanu, 2011), (López-Mejía, Gómez-Martínez, & Marín-Hernández, 2011).

Del mismo modo, la selección y construcción de los direccionadores o *cost drivers* es un proceso complejo que requiere un amplio conocimiento de la metodología y de la organización, así como sistemas de información que faciliten la recolección y análisis de los datos (Duque Roldán, Cuervo Tafur, & Gómez, 2005), (Răvaș & Monea, 2009).

En empresas multiproceso y multiproducto se hace necesario subdividir las actividades para reflejar las diferencias en el consumo de

recursos y asignar correctamente los costos a los productos, lo cual implica aumentar la complejidad en la estructura —mayor número de actividades— y el cálculo de costos (Patxi Ruiz De Arbulo-López, Fortuny-Santos, Vintró-Sánchez, & Basañez-Llantada, 2013, p. 235), (Kaplan & Anderson, 2004).

Por otra parte, es difícil de adaptar el sistema a los cambios en los métodos y procedimientos de trabajo, se presentan condiciones de incertidumbre que puede hacer variar las condiciones sobre las cuales se calculó el costo de las actividades; para incorporar estos cambios se requiere modificar la estructura de costos y esto demanda tiempo y recursos (Hedhili, 2013, p. 172), (Raeesi & Amini, 2013, p. 43).

Con el propósito de perfeccionar y lograr mejores resultados en la implementación de los sistemas ABC, autores como Hossein Mortaji, Bagherpour y Mazdeh (2013), Karakas, Koyuncu, Erol y Kokangul (2010) han propuesto la utilización de la lógica difusa para la estimación de la información requerida en estos sistemas, como los tiempos de las actividades y la capacidad práctica.

Algunos autores se han interesado en estudiar los factores que determinan el éxito o fracaso de la implementación de los sistemas de costos ABC. Al respecto, Fei e Isa (2010) construyen una estructura de factores comportamentales—relacionados con la disponibilidad de recursos y la incidencia en la evaluación de desempeño—; organizacionales —principalmente relativos al apoyo de la gerencia y la capacitación—; técnicos —identificación de actividades, selección de inductores—; y otros relacionados con la cultura y la estructura organizacional —orientación a resultados, trabajo en equipo, centralización— que determinan el éxito de la implementación de los sistemas ABC.

Por otra parte, Moisello (2012) estudia los factores de proceso y de contexto que

inciden en las implementaciones exitosas. En relación con los primeros, la autora encuentra que el apoyo de la gerencia, la disponibilidad de recursos y la vinculación de los sistemas ABC como componente de la evaluación de desempeño inciden de forma positiva en la implementación. Así mismo, la incidencia del sistema ABC en la determinación de los salarios y la calidad del sistema de información son factores contextuales que favorecen o disminuyen la probabilidad de éxito.

Alcouffe, Berland y Levant (2008) consideran los sistemas de costos ABC como una innovación de la contabilidad de gestión y utilizan la teoría del Actor-Red para explicar el éxito en la difusión de esta innovación. Los canales de comunicación y difusión de los sistemas de costos ABC inciden positivamente en la decisión de implementación (Alcouffe & Guedri, 2008).

Desde una perspectiva política, Englund y Gerdin (2008) concluyen que los procesos de implementación de los sistemas ABC no son neutrales, en las organizaciones existen relaciones de poder e intereses divergentes que inciden en el éxito o el fracaso de la implementación. Por otra parte, Arena y Solle (2008) consideran los sistemas ABC y ABM como sistemas de control de gestión, que involucran aspectos cognitivos — aprendizaje— y sociales —interacción entre diferentes miembros de la organización— que inciden en los procesos de implementación.

Otras condiciones relacionadas con el desconocimiento del sistema de costos ABC, el temor a que se aumente el trabajo o se descubran las ineficiencias, pueden conducir al fracaso de la implementación (Moisello, 2012).

En síntesis, son múltiples los factores que inciden en el éxito o fracaso en la implementación de los sistemas de costos ABC, la planificación, la capacitación del personal que participa en el proceso y el

liderazgo de las personas que dirigen la implementación, pueden contribuir a vencer la resistencia al cambio y promover la participación y compromiso de los actores de la organización, para obtener resultados positivos.

Aplicación de los sistemas de costos ABC en sectores específicos

En la literatura revisada se puede identificar algunos artículos que documentan la aplicación de los sistemas de costos ABC en sectores específicos, especialmente en organizaciones de ofrecen servicios de salud, energía y, empresas manufactureras del sector de componentes para automóviles y metalmecánicas.

En relación con los sistemas de costos en el sector de la salud, varios autores (Gómez, Duque-Roldan & Carmona, 2008) y (Mendoza, 2013) coinciden en considerar los costos ABC y los sistemas de costos basados en el tiempo invertido por actividad Kaplan (2014), Kaplan y Porter (2011) como sistemas de costeo pertinentes para estas organizaciones. Estos ayudan a identificar aspectos a mejorar relacionados con el uso eficiente de los recursos, tiempos de atención al paciente, sustitución de recursos, costo de la capacidad no utilizada, entre otros. De modo que, el reto en las organizaciones del sector salud consiste en medir con exactitud los costos y lograr reducirlos, sin sacrificar el resultado en los tratamientos médicos de los pacientes.

La investigación de Miranda, De Carvalho, Martins, y De Faria acerca de la utilización de los sistemas de costos ABC en hospitales universitarios de Brasil, concluye que, a pesar de las potencialidades de este sistema para las organizaciones del sector salud, su utilización es limitada por la complejidad del mismo y porque los sistemas de información

utilizados suplen las necesidades de la organización.

Maria and Nicoleta (2011) estudian la aplicabilidad del sistema de costos ABC en el sector de energía, y establecen las condiciones que deben tenerse en cuenta para su implementación, las autoras consideran que este sistema permiten una clasificación más amplia de los costos, no solo desde su naturaleza económica sino, además, en términos de su destinación, en cuanto a la producción, el suministro y el transporte.

En relación con los sistemas de costos en el sector de energía es importante mencionar que en Colombia es obligatorio el uso de este sistema de costeo para las empresas de servicios públicos domiciliarios, que ofrecen servicios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y gas combustible, con fundamento en la Resolución 1417 de abril de 1997 de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, y para las empresas de telecomunicaciones según la Resolución 2863 de octubre de 1996 (Osorio Agudelo & Duque Roldán, 2002).

La industria de componentes para automóviles se caracteriza por ser multiproceso, por la variedad de productos que fabrica y por los estrechos márgenes de rentabilidad, lo cual implica una gestión de costos más rigurosa. Algunos autores (Mariana, 2013), (Patxi Ruiz De Arbulo-López et al., 2013), (Patxi Ruiz De Arbulo-López & Fortuny-Santos, 2011) han estudiado la aplicación de los sistemas de costos ABC en esta industria y concluyen que estos sistemas son pertinentes para el cálculo preciso de los costos, además la aplicación del costeo basado en el tiempo invertido por actividad permite reflejar la heterogeneidad de los procesos y productos que se fabrican y suministran información acerca de la capacidad no utilizada.

Los estudios de López-Mejía et al. (2011), Stout y Propri (2011), Öker y Adigüzel (2010),

documentan la aplicación de los sistemas de costos ABC en medianas empresas de industrias manufactureras de diversos componentes metalmecánicos. López-Mejía et al. (2011) presenta un estudio de caso de una empresa mexicana, los autores encuentran que la necesidad de disponer de una información de costos más precisa y confiable y mejorar la competitividad de la empresa son las razones que motivaron la implementación del sistema. Así mismo, Ríos, Muñoz y Rodríguez (2014) estudian la implementación de los sistemas de costos ABC en las pymes mexicanas; las evidencias señalan que aunque los empresarios reconocen el potencial de la metodología para ayudar a la toma de decisiones, identificar y suprimir actividades que no agregan valor, su tasa de aplicación es muy baja, en opinión de las autoras, es necesario una mayor divulgación de la metodología de costeo ABC.

4. CONCLUSIONES

Los sistemas de costos ABC siguen siendo una de las líneas de investigación más importantes de la contabilidad de gestión. La literatura sobre el tema es abundante, especialmente aquella que estudia los antecedentes y la fundamentación, las potencialidades, las limitaciones y los factores que inciden en la implementación de estos sistemas. Se encuentra alguna literatura que documenta la aplicación en sectores específicos, especialmente en organizaciones de servicios —salud, energía— y en empresas manufactureras del sector privado de países desarrollados.

Tal como lo señala Fei e Isa (2010) se han realizado pocos trabajos empíricos sobre la implementación de los sistemas de costos ABC en empresas de países en desarrollo. Así mismo, falta estudiar la aplicabilidad de estos sistemas en organizaciones públicas, pues aunque en algunos países como

Colombia existen leyes que obligan la adopción de estos sistemas por parte de las entidades públicas, no se encontraron evidencias suficientes que documenten las experiencias relativas con su implementación. Futuras investigaciones podrían abordar estos asuntos.

REFERENCIAS

- Aguiar, H., Cadavid, L. A., Cardona, J., Carvalho, J., Jiménez, J., & Upegui, M. E. (1998). *Diccionario de términos contables para Colombia*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Alcouffe, S., Berland, N., & Levant, Y. (2008). Actor-networks and the diffusion of management accounting innovations: A comparative study. *Management Accounting Research*, 19(1), 1-17. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mar.2007.04.001>
- Alcouffe, S., & Guedri, Z. (2008). Le rôle des canaux de communication et des caractéristiques perçues de l'innovation dans le processus d'adoption de la comptabilité par activités (méthode ABC). *Comptabilité – Contrôle – Audit*, 14, 39-66.
- Arena, L., & Solle, G. (2008). Apprentissage Organisationnel et Contrôle de Gestion: Une lecture possible de l'ABC/ABM? *Comptabilité – Contrôle – Audit*, 14, 67-85.
- Brimson, J. A. (1997). *Contabilidad por actividades. Un enfoque de costes basado en las actividades*. México: Alfaomega - Marcombo.
- Caldera, J., Baujín, P., Ripoll Feliu, V. M., & Vega, V. (2007). Evolución en la configuración de los sistemas de costeo basado en las actividades. *Actualidad Contable FACES*, 10(14), 13-28.
- Cataldo Pizarro, J. (1997). *Gestión del presupuesto ABC. Su integración con la calidad y las normas ISO 9000*. México: Alfaomega - Marcombo.
- Cokins, G., & Căpușneanu, S. (2011). Sustaining an Effective ABC/ABM. *System. Theoretical & Applied Economics*, 18(2), 47-58.
- Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1992). Activity-Based Systems: Measuring the Costs of Resource Usage. *Accounting Horizons*, 6(3), 1-13.
- Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1998). The Promise--And Peril--Of Integrated Cost Systems. *Harvard Business Review*, 76(4), 109-119.
- Cuervo Tafur, J., & Osorio Agudelo, J. A. (2007). *Costeo basado en actividades -ABC-. Gestión basada en actividades -ABM-*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- De Arbulo-López, P. R., & Fortuny-Santos, J. (2011). Innovación en gestión de costes: del ABC al TDABC. *Dirección y Organización*, 43, 16-26.
- De Arbulo-López, P. R., Fortuny-Santos, J., Vintró-Sánchez, C., & Basañez-Llantada, A. (2013). Aplicación de time-driven activity-based costing en la producción de componentes de automóvil. *Dyna*, 88(2), 234-240. doi: 10.6036/5105
- Duque Roldán, M. I., Cuervo Tafur, J., & Gómez, L. F. (2005). Los direccionadores: ¿solución o problema del ABC? *Contaduría - Universidad de Antioquia*, 47, 39-58.
- Duque Roldán, M. I., & Osorio Agudelo, J. A. (2013). *Estado Actual de la investigación en Costos y Contabilidad de Gestión en Colombia*.
- Englund, H., & Gerdin, J. (2008). Transferring knowledge across sub-genres of the ABC implementation literature. *Management Accounting Research*, 19(2), 149-162. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mar.2008.01.002>
- Fei, Z. Y., & Isa, C. R. (2010). Factors Influencing Activity-Based Costing Success: A Research Framework. *International Journal of Trade, Economics and Finance*, 1(2), 144-150.
- Gómez, L., Duque-Roldán, M. y Carmona, J. (2008). La información contable y de costos en las entidades de salud: una herramienta para su transformación. *Contaduría Universidad de Antioquia*, 53, 145-172.

- Gómez, L. F., Duque Roldán, M. I., & Cuervo Tafur, J. (2005). Gestión de riesgos en el costeo basado en actividades: una alternativa para su implantación exitosa. *Contaduría - Universidad de Antioquia*, 47, 61-85.
- Gómez, L. F., & Quintero, J. B. (2012). *Conveniencia de la utilización del time driven activity bases costing TDABC*. Paper presentado al XVII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática, México.
- Gómez, M. (2007). Comprendiendo las relaciones entre los sistemas contables, los modelos contables y los sistemas de información contables empresariales. *Revista Internacional Legis de Contabilidad & Auditoría*, 32, 235-253.
- Harris, J., & Durden, C. (2012). Management Accounting Research: An Analysis of Recent Themes and Directions for the Future. *Journal of Applied Management Accounting Research*, 10(2), 21-41.
- Hedhili, N. (2013). Le positionnement de la méthode «du temps requis pour exécuter les opérations» ou «time driven activity based costing» (TD ABC) par rapport à la méthode ABC (comptabilité à base d'activité). *Revue des Sciences de Gestion*, 48(263/264), 171-177.
- Hossein Mortaji, S. T., Bagherpour, M., & Mazdeh, M. M. (2013). Fuzzy Time-Driven Activity-Based Costing. *Engineering Management Journal*, 25(3), 63-73.
- João Lunkes, R., Ripoll Feliu, V. M., & Silva da Rosa, F. (2013). Study of Published Articles on Management Accounting in Brazil and Spain. *Revista Contabilidade & Finanças - USP*, 24(61), 11-26.
- Johnson, T., & Kaplan, R. S. (1988). *La Contabilidad de costes. Auge y caída de la contabilidad de gestión*. Barcelona: Plaza & Janes.
- Kapić, J. (2014). Activity Based Costing - ABC. *Business Consultant / Poslovni Konsultant*, 6(32), 9-16.
- Kaplan, R. S. (2014). Improving value with TDABC. *HFM -Healthcare Financial Management*, 68(6), 76.
- Kaplan, R. S., & Anderson, S. (2007). What-If Analysis and Activity-Based Budgeting. Forecasting Resource Demands. *Time-Driven Activity-Based Costing: A simpler and More Powerful Path to Higher Profits*. Boston: Harvard Business Press.
- Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2004). Time-Driven Activity-Based Costing. *Harvard Business Review*, 82(11), 131-138.
- Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2007). The Speed-Reading Organization. *Business Finance*, 13(6), 39-42.
- Kaplan, R. S., & Cooper, R. (1999). *Coste y Efecto. Cómo usar el ABC, el ABM y el ABB para mejorar la gestión, los procesos y la rentabilidad (Segunda ed.)*. Barcelona: Gestión 2000.
- Kaplan, R. S., & Porter, M. E. (2011). How to Solve The Cost Crisis In Health Care. *Harvard Business Review*, 89(9), 46-64.
- Karakas, E., Koyuncu, M., Erol, R., & Kokangul, A. (2010). Fuzzy programming for optimal product mix decisions based on expanded ABC approach. *International Journal of Production Research*, 48(3), 729-744. doi: 10.1080/00207540802471249
- López-Mejía, M. R., Gómez-Martínez, A., & Marín-Hernández, S. (2011). Sistema de costos ABC en la mediana empresa industrial mexicana. *Cuadernos de Contabilidad*, 12(30), 23-43.
- Maiga, A. S., & Jacobs, F. A. (2008). Extent of ABC Use and Its Consequence. *Contemporary Accounting Research*, 25(2), 533-566.
- Mallo, C. (2009). El nuevo/viejo paradigma: Costes basados en el tiempo invertido por Actividad. *Partida Doble*, 19(211), 20-35.
- Rof, L. M., & Farcane, N. (2011). Current State and Evolution Perspectives for Management Accounting In The Energy Sector By Implementing The ABC Method. *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, 20(1), 653-660.

- Radu, M. (2013). Modernizing Management Accounting By The ABC Method. *Internal Auditing & Risk Management*, 8(4), 1-11.
- Mendoza, R. (2013). Administración de los costos en instituciones de la salud. Administration costs in health institutions. *Incae Business Review*, 2(7), 2-6.
- Miller, J. G., & Vollmann, T. E. (1985). The hidden factory. *Harvard Business Review*, 63(5), 142-150.
- Moisello, A. M. (2012). ABC: Evolution, Problems of Implementation and Organizational Variables. *American Journal of Industrial and Business Management*, 2, 55-63.
- Öker, F., & Adigüzel, H. (2010). Time-driven activity-based costing: An implementation in a manufacturing company. *Journal of Corporate Accounting & Finance (Wiley)*, 22(1), 75-92. doi: 10.1002/jcaf.20646
- Osorio Agudelo, J. A., & Duque Roldán, M. I. (2002). Modelos de medición y desempeño interrelacionados en la Contabilidad de Gestión. *Contaduría - Universidad de Antioquia*, 41, 113-143.
- Porter, M. E. (1987). *Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior*. México: Compañía Editorial Continental.
- Raeesi, R., & Amini, A. (2013). Developing A Grey Activity Based Costing (G-ABC) Method To Capture The Inherent Uncertainty In Identifying Cost Drivers' Consumption Rates. *Academy of Accounting & Financial Studies Journal*, 17(2), 41-56.
- Răvaş, B., & Monea, A. (2009). The definition and determination of the cost drivers, basis elements in the abc system implemented in a tourism unit. *Lucrari Stiintifice*, 11(4), 1-6.
- Ríos, M., Muñoz, C. & Rodríguez, M. (2014). Is the activity based costing system a viable instrument for small and medium enterprises? The case of Mexico. *Estudios Gerenciales*, 30, 220-232.
- Ripoll Feliu, V. M., & Urquidi, A. (2010). Herramientas de contabilidad de gestión utilizadas en la práctica empresarial: una revisión crítica de los trabajos de investigación. *Academia, Revista Latinoamericana de Administración*, 44, 1-20.
- Rodríguez-Maeso, J. E. (2010). El actual estado del arte en los sistemas ABC/M: un análisis e interpretación de la literatura internacional. En línea: <http://www.observatorio-iberoamericano.org/>
- Rodríguez, G. (2001). Diferentes métodos de costeo frente a la Throughput Accounting (TA) de la Teoría de las Restricciones (TOC). *Cuadernos de Contabilidad*, 12, 14-33.
- Stout, D. E., & Propri, J. M. (2011). Implementing Time-Driven Activity-Based Costing at a Medium-Sized Electronics Company. *Management Accounting Quarterly*, 12(3), 1-11.
- Torrecilla, A., Fernández, A., & Gutierrez, G. (1993). *Contabilidad de costes y contabilidad de gestión. Volumen 1*. Madrid: McGraw-Hill.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE CALZADO EN LEÓN GUANAJUATO, MÉXICO

Production problems solution of a shoe manufacturing company in Leon Guanajuato, Mexico

Christian Arturo Quiroga Juárez

Ingeniero en Administración Industrial. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México.
christianquiroga87@hotmail.com

Jefferson Joao Aguirre Ramírez

M.Sc. en Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
ing.joao@gmail.com

Cómo citar/ How to cite

Quiroga, C. y Aguirre, J. (2015). Solución de problemas de producción en una empresa de manufactura de suelas en León, Guanajuato, México. *Revista CEA*, 1(1), 121-130.

Recibido: 21 de mayo de 2014

Aceptado: 19 de agosto de 2014

Resumen

Este estudio se realizó de julio a noviembre de 2011 y tiene por objetivo identificar soluciones mediante procedimientos científicos a problemas de producción, presentados en una empresa dedicada a la fabricación de suelas para calzado, ubicada en León Guanajuato, México, mediante el diagnóstico y uso de algunas técnicas de ingeniería de métodos, estándares, diseño y simplificación del trabajo. Se utilizaron el diagrama de Ishikawa (Ishikawa, 1997) y el gráfico de Pareto (Niebel y Freivalds, 2004) para determinar y analizar las posibles causas generadoras de efectos negativos en la producción. Posteriormente, se obtuvieron los datos de entrada utilizando diagramas de operación y de flujo; como siguiente paso, se procedió a balancear las líneas de producción y ajustar las cargas de trabajo.

Los principales resultados del este estudio son el balanceo de líneas y el ajuste de cargas de trabajo, derivados de un estudio de tiempos y movimientos para incrementar la productividad de la empresa mediante la implementación de cambios en los métodos de trabajo; otro resultado fue la eliminación de movimientos innecesarios mediante un estudio de movimientos, incrementando la productividad al 56% en una estación de trabajo. Se concluye que al implementar y dar mantenimiento a esta propuesta se mejorara la productividad de la empresa en cuestión.

Palabras clave: ingeniería de métodos, estándares, balanceo de líneas, diseño del trabajo, competitividad

Abstract

The objective of this case study is to identify solutions to problems through scientific procedures presented in a production company focused on the manufacture of shoe soles, located in Leon Guanajuato, Mexico, through the diagnosis and use of some of the engineering techniques methods, standards, job design and work simplification. The Ishikawa diagram and Pareto chart were used to identify and analyze the possible root causes of negative effects affecting the company production. Subsequently, the necessary data were obtained for this study using flow and operation diagrams. In the next stage, production lines were balanced and workloads were adjusted.

The main results of this study were to be able to identify specific solutions to increase business productivity by implementing some changes in the working methods and the use of appropriate tools. An increase of 56% was achieved in productivity in a workstation. Therefore, it is concluded that with proper implementation and monitoring of this proposal, productivity and efficiency in this footwear company can be improved.

Keywords: Engineering methods, standards, line balancing, job design and competitiveness.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este caso de estudio es mejorar los procesos de planeación y control de la producción en una empresa dedicada a la producción de suelas, elaboración de suajes, fabricación y ventas de pegamento en la industria del calzado en León, Guanajuato, México. Para dimensionar la importancia de la industria del calzado, León Guanajuato –México- tiene una característica peculiar, ya que es aquí donde se concentra la mayor cantidad de empresas fabricantes de calzado a nivel estatal y a nivel país. Guanajuato es el primer lugar en producción de calzado seguido por el Distrito Federal y el estado de Jalisco, y en estas tres zonas de México se manufactura el 90% de la producción nacional (Ortiz y Martínez, 2000).

Debido a la magnitud de la industria del calzado en el estado de Guanajuato, la Cámara de la Industria del Calzado de este estado (CICEG) promueve acciones para mejorar los niveles de competitividad de la industria de calzado y fomenta la mejora en los procesos productivos, así como el avance en todas sus áreas funcionales (Cervantes y De La Garza, 2014). Con base en estas recomendaciones de la CICEG, las cuales se han venido promoviendo desde hace varios años, según palabras del director general de la empresa, la organización en cuestión buscó la mejor forma de hacer eficientes sus procesos productivos, y derivado de esa situación surge esta investigación orientada a la mejora de los procesos productivos.

Esta empresa contaba hasta la fecha en que se realizó este estudio con doce años de experiencia y con 22 empleados, de los cuales 9 rolaban 3 turnos de trabajo, es decir, la empresa estaba en producción 24 horas del día, y sus clientes principales se encuentran localizados en la ciudad de León.

Este estudio se llevó a cabo debido a que el gerente general, como ya se ha mencionado, había identificado la necesidad de volver eficientes los procesos de producción para cumplir en tiempo y forma con los requerimientos de los clientes, así como para disminuir los costos derivados de cuellos de botella y desperdicios excesivos de material. La metodología utilizada para abordar este caso de estudio fue derivada y adaptada del proceso sistemático para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto o proporcionar un servicio (Niebel, Freivalds, y Niebel, 1999). La observación directa en la planta productiva se llevó a cabo durante los diferentes días de la semana, a distintas horas del día y sin repetir operarios, esto con la finalidad de considerar el cansancio físico por el horario, el clima y la edad del trabajador.

Las conclusiones a las que se llegó se relacionan con la posibilidad de equilibrar la carga de las estaciones de trabajo con base en el balanceo de líneas; también se concluyó, con base en el estudio de tiempos y movimientos, que se podían crear células de trabajo, las cuales disminuirían los tiempos de producción. Con base en el estudio del lugar de trabajo, en una estación destinada para este, se determinó eliminar algunas operaciones manuales repetitivas con lo que se aumentó la productividad en más de un 50% y se estableció un sistema de reciclaje de material; esto se determinó con base en la experiencia de los operarios. La principal limitante fue la falta de concientización al personal acerca de la importancia de un estudio de esta magnitud, de esto se derivó cierto desinterés y miedo por parte de los operarios al momento de estudiar el proceso de producción de la empresa.

2. MARCO TEÓRICO

Historia

Para conocer las bases de este estudio de caso es recomendable hacer un breve recorrido histórico. En 1776 Adam Smith en su obra *La riqueza de las naciones* propone la división del trabajo en tareas repetitivas y esto aumenta la producción de bienes (Smith, 1776). Otro suceso importante fue la Revolución Industrial previa al siglo XX, en esta época se llevó a cabo un cambio en los métodos de trabajo, se pasa de una economía rudimentaria a una economía industrializada, donde se desarrollaron invenciones de máquinas que con su potencia sustituyeron la fuerza humana, de esta forma se multiplicaba notablemente la producción y eficiencia en el trabajo.

En 1911 Frederick W. Taylor publica su obra titulada *Principios de administración científica*, la cual fue bien recibida por los gerentes deseosos de mayor productividad alrededor del mundo (Niebel y Freivalds, 2006). Esta obra ha sido la base para un sin número de estudios basados en su filosofía de la eficiencia y productividad. Frederick Taylor implementó un sistema de estudio del lugar del trabajo, así como el uso y determinación de estándares de trabajo (Taylor, 1911). El éxito de su administración científica fue tal, que se difundió por Estados Unidos, Francia Rusia, Japón, y en la actualidad lleva consigo el título de «Padre de la administración Científica (Rodríguez, 2006).

Los esposos Frank y Lilian Gilbreth fueron reconocidos como los primeros investigadores en estudiar los movimientos del cuerpo humano trabajando, ellos grabaron en una película los movimientos corporales con un aparato llamado micro-cronómetro, con el cual determinaban los movimientos del trabajador y cuánto duraban. El resultado de este estudio son los

17 movimientos manuales básicos Therbligs (Niebel y Freivalds, 1999).

Otro de los grandes aportes a la administración fue el de Henry Fayol, quien desarrolló su trabajo con base en la gerencia. Mientras Taylor trabajaba en la administración científica, Fayol se enfocó a la cabeza de la organización, y su investigación dio por resultado el proceso administrativo y los 14 puntos de administración, mismos que aún se siguen aplicando en varias organizaciones. Por otro lado, los aportes de Shingo, (1988) a la ingeniería industrial son de sustancial importancia para la compañía Toyota, ya que fue aquí donde desarrolló sus investigaciones y propuso las técnicas de SMED, para el control de calidad con el uso de *Poka Yoke*.

Otro de los grandes aportes en la ingeniería y administración de la producción se dio en cuanto a métodos cuantitativos o investigación de operaciones. Estos métodos tienen su origen en la milicia, cuando en la Segunda Guerra Mundial se convocó a una élite del saber para resolver problemas de asignación de recursos militares y su optimización mediante métodos estadísticos y matemáticos; este método es actualmente conocido como investigación de operaciones y se le han dado diversas aplicaciones hasta la fecha, por ejemplo: teoría de colas aplicada al transporte, teoría de redes aplicada al transporte terrestre y aéreo (en particular en el caso de la empresa Fedex), y teoría de los inventarios en las empresas que manejan almacenes, entre otros (Afanador y Ramos, 2013).

Al implementar las técnicas estadísticas y desarrollar las bases de los sistemas de control y planificación de la producción, independientemente del tamaño de la organización el objetivo que se busca es la eficiencia en la productividad (Chapman, 2006), de aquí la necesidad de utilizar las herramientas de la ingeniería industrial, en

particular las técnicas de métodos de trabajo, establecimiento de estándares y diseño o rediseño del puesto de trabajo. Los aportes mencionados son solo parte de las herramientas que se pueden utilizar en un problema de producción y podrían usarse como una combinación de ellas, dependiendo del problema y de la creatividad del encargado de realizar el estudio y proponer soluciones a un problema.

En busca de mejorar los sistemas de producción y aumentar la productividad, y según las fuentes bibliográficas, se han realizado trabajos en diferentes áreas, tales como el trabajo realizado en G.E. Mustill (GEM) Company Ltda., donde se propuso el uso de la metodología de costeo basado en actividades (ABC) con el fin de mejorar el rendimiento operativo (Gunasekaran y Singh, 1999); en la investigación bibliográfica se encontró otro trabajo de investigación enfocado a la mejora de procesos, específicamente en medir la madurez del sistema de producción en las empresas y posterior a esto proponer estrategias de mejora (Sommerville y Ransom, 2005).

En la literatura, cuando se mencionan temas relacionados con incrementar la eficiencia en procesos de producción, se entiende que hay que mejorar en todos los aspectos relacionados, y esto incluye cambios en los métodos de producción, más aún si se trata de favorecer al medio ambiente. Tal es el caso de la propuesta basada en cambiar el sistema de curtido de cuero «al cromo» por un sistema de curtido «al titanio», lo cual disminuye notablemente el grado de contaminación del medio ambiente y mejora las condiciones de trabajo del operador, ya que no es tóxico y no es alérgico (Ferrer, Riquelme, Segarra, Galiana y Navarro, 2012).

Casos de referencia

Uno de los casos más notables de aplicación de ingeniería de métodos de trabajo es el caso de Toyota, empresa asiática que ha heredado a la gestión de empresas herramientas que en la actualidad son aplicadas a nivel internacional. En este sentido, cabe destacar los sistemas justo a tiempo, el Kanban, así como los estándares flexibles de tiempo. Esta empresa se ha caracterizado por sus políticas innovadoras en la organización (Shingo, 1989).

Los sistemas de producción requieren cumplir con estándares de calidad, seguridad industrial, eficiencia y productividad. Es por esto que mayor cantidad de empresas vigilan y controlan sus procesos y ponen mayor atención al control del mantenimiento de la maquinaria, así como en las paradas de producción por cuellos de botella, los cuales representan altos costos de producción (Di Orio, Cândido, Barata, Scholze, Kotte, y Stokic, 2013).

Los problemas en producción, según la bibliografía revisada, son problemas a los que se enfrentan a diario los gerentes de producción, y la empresa en cuestión no es la excepción, ya que según el gerente general de la empresa, en el año 2012 se encontraban con problemas de productividad en la línea de producción de suelas, que incluye desperdicios de materia prima en el almacén así como en las máquinas de inyección de suela y desbalance en la línea de producción; estos problemas se hicieron evidentes al aplicar el gráfico de Pareto.

3. METODOLOGÍA

Este estudio de carácter cuantitativo se realizó durante el periodo de julio a noviembre de 2011, en la planta de producción de una empresa dedicada a la manufactura de calzados, mediante la observación directa en el área de producción. La metodología usada para abordar este caso de estudio fue derivada y adaptada del proceso sistemático para desarrollar un centro de trabajo, fabricar un producto o proporcionar un servicio (Niebel et al., 1999).

- Definir cuáles eran las áreas donde se tenían los mayores problemas; para determinarlas se usaron los gráficos de Ishikawa y de Pareto.
- Obtener datos de ingeniería, de manufactura y costos, construcción de diagramas de flujo y de procesos.

Para la recolección de muestras de datos de manufactura se consideró el cansancio físico por el horario, el clima y la edad del trabajador, por lo que se tomaron mediciones a diferentes días y horas, así como a distintos operarios que realizaban la misma operación.

La obtención de datos referentes a toma de tiempos y movimientos, se realizó con base en el número de observaciones sugeridas por la compañía General Electric (Niebel & Freivalds, 2004), estas mediciones se llevaron a cabo por un periodo de 6 semanas y durante 4 horas diarias.

- El siguiente paso fue analizar los datos de «entrada» basado en los 9 enfoques principales para el análisis de la operación (Niebel et al., 1999).
- Posterior al análisis de los datos de «entrada», se diseñó una reestructuración al sistema de producción, basada en mejorar los diagramas de flujo y de operaciones, simplificación de las tareas, uso de las herramientas correctas, así como la definición de algunos tiempos estándar y el balanceo de la línea de producción.
- La siguiente etapa fue la implementación del método de producción reestructurado.
- La etapa final fue la evaluación del método propuesto.

4. RESULTADOS

Con base en el diagrama de Ishikawa, y derivado del análisis en conjunto con el gerente general y el jefe de producción, se llegó a la conclusión de que las áreas donde se desarrollaba la mayor cantidad de causas que producían un efecto negativo en la productividad fue la línea de acabado, que es donde se pintan las suelas, se recorta el exceso de material, se lava y se empaca para su comercialización.

También se obtuvieron las tablas de tiempos estándar producto del estudio de tiempos y movimientos para el área de «acabo», así como el índice de eficiencia de la línea de producción, como se muestra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1. Estudio de tiempos estilo de suela 2361**Table 1.** Time Study sole style 2361

Actividad	Tiempo en minutos (ciclo)	Estándar de pares por hora	Horas por mil pares
Rebabeear	0.3115	192.6163724	5.191666667
Matizar	0.1109	541.0279531	1.848333333
Hacer pares	0.06077	987.3292743	1.012833333
Embolsar	0.03597	1668.056714	0.5995
Llevar a matizar	0.0021065	28483.26608	0.035108333
			8.687441667
Horas necesarias	Al 100%	Eficiencia del 75%	
Estilo 2361	8.6874 horas	11.5832	

Fuente: Elaboración propia con base en Niebel y Freivalds (2006) y datos de la empresa

La Tabla 1 representa el primer esfuerzo por definir estándares con los cuales poder comparar, si después de implantar el método el proceso mejora o no. Es

importante recalcar que en la empresa no se contaba con estándares de tiempos, y solo con base en experiencia se tenía un aproximado de la capacidad de producción.

Tabla 2. Estudio de tiempos estilo de suela 2882**Table 2.** Time study sole style 2882

Operación	Tiempo estándar	Estándar de pares	Horas por mil pares
Rebabeear y hacer pares	0.5765	104.0763226	9.608333333
Matizar e inspeccionar suela	0.0575	1043.478261	0.958333333
Hacer pares e inspeccionar suela	0.06875	872.7272727	1.145833333
Embolsar	0.1205	497.9253112	2.008333333
Llevar a matizar	0.0021065	28483.26608	0.035108333
			13.75594167
Urbán 2882	Al 100%	Eficiencia de 75%	
Horas para producir 1000 pares	13.75 horas	18.33333333	

Fuente: Elaboración propia con base en Niebel y Freivalds (2006) y observación de la empresa

La Tabla 2 contiene los tiempos de una línea de suela llamada Urban 2882, la cual representó la mayor cantidad de observaciones, ya que al momento de matizar (acción mediante la cual se le da un acabado o se pinta la suela de acuerdo con las especificaciones del cliente) se realizaba

mediante dos métodos totalmente diferentes, así que fue necesario observarlos a ambos, decidir cuál era el adecuado y trabajar con ese método, de esta manera continuar con la observación de tiempos y movimientos.

Tabla 3. Estudio de tiempos estilo de suela 5772**Table 3.** Time study sole style 5772

Actividad	Tiempo de ciclo	Estándar de pares por hora	Horas por mil
Recoger suela de otra mesa	0.00824	7281.553398	0.137333333
Rebabeear	0.4073	147.311564	6.788333333
Quitar cabo	0.0866	692.8406467	1.443333333
Limpiar con lavador	0.1849	324.4997296	3.081666667
Limpiar por segunda vez	0.2158	278.0352178	3.596666667
Lavar a matizar	0.002979	20140.98691	0.04965
Matizar	0.1066	562.8517824	1.776666667
Empacar	0.187	320.855615	3.116666667
			19.99031667
Estilo 5772	Al 100%	Eficiencia 75%	
Horas necesarias	19.99	26.6	

Fuente: Elaboración propia con base en Niebel y Freivalds (2006) y observación de la empresa

La importancia de la Tabla 3 recae en que esta línea de suela llamada 5772 fue la que contaba con mayor cantidad de demanda por un periodo de aproximadamente tres meses, y se consideró que se debían optimizar los tiempos y movimientos a la mayor brevedad, así como determinar sus estándares, ya que de hacerlo bien y con el mejor método representaría ganancias monetarias para la empresa, además de que esta línea dio la oportunidad de observar el método con que la realizaban por un mayor tiempo.

En la Tabla 4, la columna Valor R, es el ritmo de la planta, considerando la mayor cantidad de producción requerida y los tiempos disponibles, así como la mayor cantidad de observaciones posibles para tener la mayor confiabilidad en la determinación de estándares. Adicionalmente, la cifra 2.8560 representa el número de operarios necesarios para realizar esas actividades. Es importante mencionar que había cinco operarios trabajando en una actividad que solo requería 2.85, o en términos reales, 3 operarios.

Tabla 4. Estudio de tiempos estilo de suela 5548**Table 4.** Time study sole style 5548

Operación	Tiempo estándar	Pares por hora	Horas por mil	Valor R	Operarios
Rebabeear	0.2123	282.6189355	3.538333333	0.4831	0.585938
Quitar cabo	0.061	983.6065574	1.016666667	0.4831	0.1683571
Rebabeear segunda vez	0.4556	131.6944688	7.593333333	0.4831	1.2574346
Llevar a matizar	0.003125	19200	0.052083333	0.4831	0.0086249
Lavar	0.1415	424.0282686	2.358333333	0.4831	0.3905334
Matizar	0.0517	1160.541586	0.861666667	0.4831	0.1426896
Embolsar	0.1096	547.4452555	1.826666667	0.4831	0.3024909
					2.8560684
Estilo 5548	Horas al 100%	Eficiencia 75%			
Horas /1000 prs.	17.21	22.9			

Fuente: Elaboración propia con base en Niebel y Freivalds (2006) observación de la empresa

Tabla 5. Balanceo de líneas*Table 5. Balancing lines*

Considerando una tolerancia del 18.5%			
Operación	Tiempo estándar	Tolerancia 18.5%	Número de operarios
Rebabeear	0.2123	0.2515755	0.539206784
Quitar cabo	0.061	0.072285	0.154929882
Rebabeear segunda vez	0.4556	0.539886	0.157148427
Llevar a matizar	0.003125	0.003703125	0.007936982
Lavar	0.1415	0.1676775	0.359386528
Matizar	0.0517	0.0612645	0.131309424
Embolsar	0.1096	0.129876	0.27836582
			2.628283847

Fuente: Elaboración propia con base en Niebel y Freivalds (2006) observación de la empresa

Después de hacer el estudio de tiempos y movimientos, se balanceó la línea de producción con base en el programa maestro de producción para determinar el

número de operarios requeridos, así como el análisis de cargas de trabajo en cada estación como se ve en la Tabla 5.

Tabla 6. Ajuste de cargas de trabajo*Table 6. Adjusting workloads*

Operación	Pares/hora	Tiempo estándar	Número de operadores	Número de operadores	Tiempo medio de ciclo	% carga
Rebabeear	217.0570679	0.276425	0.762972675	1	0.276425	60.67%
Rebabeear segunda vez	131.6944688	0.4556	1.2527521391	1	0.4556	100.00%
Matizar, lavar y embolsar	198.1505945	0.3028	0.83577146	1	0.3028	66.46%

Con dos operarios del 100%

Operación	Pares/hora	Tiempo estándar	Número de operadores	Número de operadores	Tiempo medio de ciclo	% carga
Rebabeear	217.0570679	0.276425	0.762972675	1	0.276425	91.29%
Rebabeear segunda vez	131.6944689	0.4556	1.257521391	2	0.2278	75.23%
Matizar, lavar y embolsar	198.150594	0.3028	0.83577146	1	0.3028	100.00%

Fuente: Elaboración propia con base en Niebel y Freivalds (2006) observación de la empresa

En la Tabla 6 se observa una de las posibles combinaciones para disminuir la carga de la estación del 100%. Se determinó que se

necesitaban tan solo 4 personas para disminuir la carga de la estación del 100%, y una de ellas podía ayudar a los demás

alternadamente, y así disminuir los tiempos de producción.

Otros resultados referentes al desperdicio de materia prima fueron que algunos de los operarios no estaban concientizados de las pérdidas monetarias que produce el desperdicio injustificado de material, llegando a desperdiciar hasta 100 kg de materia prima por turno de ocho horas. Por su parte, gran cantidad de material desperdiciado en el almacén de materia prima provenía de falta de capacitación en los encargados de éste.

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados del estudio de tiempos y movimientos se propuso utilizar a uno de los operarios que contaban con mayor tiempo ocioso en la planta de producción y utilizarlo para equilibrar la carga de la estación del 100%.

Otra propuesta con base en los resultados fue crear «células de trabajo», es decir, hacer dos equipos de dos personas cada uno encargados de atender una máquina de inyección de suela, debido a que dos personas en el departamento de acabado eran suficientes para atender a un solo operador de máquina de inyección de suela.

En lo referente al desperdicio de materia prima, se convocó a una reunión con los operarios donde se hizo notar que los desperdicios repercutían en la economía, no solo de la empresa sino de todo el personal, porque se veía reflejado en las utilidades que se dejaban de generar.

En relación al estudio de movimientos, eliminando operaciones repetitivas y movimientos innecesarios se consiguió que en una estación de pintado de suela se aumentara la productividad de un estilo en particular de suela, tal incremento fue de un 56% de productividad por hora.

Un resultado no esperado y muy productivo fue derivado de la charla de concientización del personal; un operario sugirió que en algunos materiales se podía reciclar el material proveniente de suelas en mal estado, mezclando aproximadamente un 30% de material reciclado y 70% de material de «primera mano». Aunado a esto, con base en prueba y error, se determinó que la cantidad aceptable de material de reciclaje que se podía mezclar era del 38%, con este reciclaje en las primeras 3 semanas se logró ahorrar aproximadamente 5.550,0 kg de material.

Este análisis de ingeniería de métodos, estándares de trabajo y diseño del lugar de trabajo está limitado a la empresa en cuestión, sin embargo la metodología podría aplicarse con algunas adaptaciones a cualquier tipo de empresa, arrojando resultados beneficiosos y quizás algunos sorprendidos en beneficio de la productividad.

REFERENCIAS

- Afanador, C., & Ramos, C. (2013). *PCA: Una nueva técnica de investigación de operaciones*. México, Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad de Guadalajara.
- Cervantes, A., & De La Garza, M. (2014). *Prioridades y capacidades competitivas en organizaciones de manufactura de calzado en León, Guanajuato, México. Tópicos Selectos de Recursos*, pp.103.
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. México: Pearson Educación.
- Di Orio, G., Cândido, G., Barata, J., Scholze, S., Kotte, O., & Stokic, D. (2013). *Self-Learning Production Systems (SLPS) - Optimization of manufacturing process parameters*

- for the shoe industry. In *IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)* (pp. 386–391).
doi:10.1109/INDIN.2013.6622915
- Ferrer, J., Riquelme, M. E., Segarra, V., Galiana, M. V., & Navarro, S. (2012). Titanium-Tanned leather. In *Proceedings of the 4th International Conference on Advanced Materials and Systems, ICAMS 2012* (pp. 543–547).
- Gunasekaran, A., & Singh, D. (1999). Design of activity-based costing in a small company: a case study. *Computers & Industrial Engineering*, 37(1), 413–416.
- Ishikawa, K. (1997). *Qué es el control total de calidad: la modalidad japonesa*. Colombia: Editorial Norma.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2004). *Ingeniería industrial* (11th ed.). México: Alfaomega.
- Niebel, B. W., Freivalds, A., & Niebel, B. W. (1999). *Methods, standards, and work design*. Boston, MA: McGraw-Hill
- Ortiz, A., & Martínez, A. (2000). Factores de competitividad, situación nacional y cadena productiva de la industria del calzado en León, Guanajuato. *Economía, Sociedad y Territorio*, 2(7), 533–568.
- Shingo, S. (1988). *Non-stock production: The Shingo system of continuous improvement*. United States of America: Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. United States of America: Productivity Press.
- Sommerville, I., & Ransom, J. (2005). An empirical study of industrial requirements engineering process assessment and improvement. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology (TOSEM)*, 14(1), 85–117.

GUÍA PARA AUTORES

La Revista CEA, editada por la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas del **INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**, se dirige al público profesional con formación en Ciencias Sociales y la Administración, a nivel nacional e internacional. La Revista CEA tiene como función principal publicar artículos de resultados de investigación. Se reciben únicamente trabajos originales e inéditos en idioma español o inglés, y que no estén siendo simultáneamente sometidos a publicación en algún otro medio. Los autores interesados deben enviar sus artículos bajo el procesador de texto Word al correo electrónico rfceyad@itm.edu.co. Con el envío del manuscrito, el(los) autor(es) deben anexar una carta expresando la calidad de originalidad del manuscrito, la concesión de derechos de autor a la Revista CEA, con el fin de divulgación y difusión del conocimiento, y el no sometimiento del manuscrito a publicación en alguno otro medio simultáneamente.

1. ARTÍCULOS A PUBLICAR

La Revista CEA acepta artículos de acuerdo con la clasificación para revistas seriadas de ciencia y tecnología colombianas, especificados en el Índice Bibliográfico Nacional Publindex de Colciencias. Por su vocación, La *Revista CEA* publica principalmente artículos de investigación e innovación, que son resultado de procesos de investigación, reflexión o revisión; su descripción es la siguiente:

Artículo de investigación (científica y tecnológica). Documento que presenta de manera detallada resultados originales de investigación. Este documento debe estar integrado por cinco secciones: 1. Introducción, 2. Marco Teórico, 3. Estimaciones, Resultados y Discusión, 4. Conclusiones, 5. Referencias.

Artículo de reflexión. Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Artículo de revisión. Documento resultado de una investigación donde son analizados, sistematizados e integrados los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

La función principal de la Revista CEA no elimina la posibilidad de publicar otros tipos de artículos como:

Artículo corto. Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión.

Reporte de caso. Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.

Revisión de tema. Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.

Cartas al editor. Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la Revista, que a juicio del Comité Editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

Editorial. Documento escrito por el editor, un miembro del Comité Editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el dominio temático de la revista.

Traducción. Traducciones de textos clásicos o de actualidad o transcripciones de documentos históricos o de interés particular en el dominio de publicación de la Revista. Las traducciones deberán contar con la debida autorización del autor.

Documento de reflexión no derivado de investigación. Posiciones o manifestaciones sobre puntos particulares o resultados publicados por un autor.

Reseña bibliográfica. Presentaciones críticas sobre la literatura de interés de reciente aparición en el dominio de publicación de la Revista.

2. ARBITRAJE DE ARTÍCULOS

Principio

La Revista CEA, adopta como orientación general para el proceso de arbitraje de los artículos, el que la identidad de autores y pares evaluadores es desconocida por ambas partes en todo el proceso de evaluación y publicación, esto es, «el proceso de evaluación es anónimo en doble vía».

Proceso de arbitraje

Evaluación inicial. Los artículos son arbitrados en primer momento por el Comité Editorial que, como primer filtro, tiene la autoridad de aceptar o rechazar el artículo en primera instancia. En este segundo caso, se notificará la decisión al autor por medio de comunicación escrita.

El Comité Editorial evalúa en los artículos recibidos, la pertinencia del manuscrito en relación con los objetivos de la revista, el cumplimiento de los aspectos formales de presentación del texto, la redacción y normas gramaticales.

Para aquellos artículos aceptados en primera instancia, el Comité Editorial selecciona a los expertos en la temática que actuarán como árbitros o pares evaluadores, que pueden ser integrantes del Comité Científico o pares externos. Eventualmente se podrá asignar como evaluador a un integrante del Comité Editorial.

Evaluación por árbitros. Los pares evaluadores reciben un ejemplar del artículo y un formulario anexo para consignar la evaluación. Estos no conocen la identidad del (los) autor(es). Los pares juzgan sobre la calidad científica-tecnológica del manuscrito, observando aspectos como la originalidad del manuscrito (de las condiciones éticas de la investigación), la adecuación y rigor en el marco teórico, en el procedimiento metodológico utilizado para obtener los resultados, la pertinencia y validez de la información estadística, relevancia de las referencias bibliográficas, la utilización correcta del lenguaje y de las categorías científicas-tecnológicas, de las representaciones gráficas, de los aportes al conocimiento.

Todos estos aspectos constituyen el marco para emitir el concepto valorativo sobre el artículo, que pueden ser:

- Rechazar definitivamente el artículo (porque no es adecuado para el perfil de la revista)
- Rechazar el artículo dando la posibilidad de presentarlo en otra ocasión, haciéndole las correcciones sugeridas
- Aceptar el artículo con modificaciones
- Aceptar el artículo en su presentación inicial

Publicación. Si conforme al veredicto de los árbitros, el artículo cumple las condiciones exigidas para su publicación, se le informarán al(os) autor (res), las observaciones, recomendaciones metodológicas y estructurales presentadas por los pares evaluadores, así como las observaciones realizadas por el Comité Editorial. Ambas observaciones obligatoriamente deben ser atendidas.

La versión corregida del manuscrito, es nuevamente revisada para verificar que los cambios hayan sido incorporados en el texto. Por ello, el autor del artículo debe anexar una carta en la que detalle las correcciones y sugerencia atendidas, justificando aquellas que considere no atendibles.

Una vez recibida la versión final del artículo corregido y la carta con atención de sugerencia y correcciones, el manuscrito pasa al proceso de edición final.

En todos los casos, el Comité Editorial es autónomo en el manejo del contenido de cada número de la Revista. Los autores son responsables de los conceptos, opiniones y contenidos publicados en el manuscrito.

3. PAUTAS DE ESTILO

La *Revista CEA* solo evalúa los artículos que se presenten bajo las siguientes condiciones formales de estilo.

La extensión máxima de los artículos será de 20 páginas escrito a una columna, en papel tamaño carta, interlineado de 1.5, con las siguientes márgenes: superior: 2.5, inferior: 2.5, izquierda: 3.0, derecha 2.5; en fuente Arial 12.

Título del artículo. Debe reflejar el contenido del artículo, ser breve y conciso; sin utilizar jergas técnicas ni abreviaturas. Se presenta en el texto centrado, en negrilla y en fuente Arial 14.

Autores y filiación institucional. Se debe incluir los nombres y apellidos completos de (los) autor (res), ubicado al pie del título del artículo; se presentan centrado, en negrilla y en fuente Arial 12. Al pie de los autores, se especifica el grado máximo de formación del autor (es), el nombre de la institución o empresa a la que está filiado, seguido por su correo electrónico.

Resumen. Es un párrafo escrito de manera concisa que contiene entre 150 y 200 palabras. En él se consigna lo que se hizo en la investigación, la metodología y los hallazgos más importantes. La palabra Resumen, se escribe en negrilla, Arial 12, y ajustado al margen izquierdo.

Palabras clave. Son las etiquetas del artículo, por ello se sugiere utilizar tesoro propio de la disciplina o utilizado en indexación de revistas especializadas. Incluya hasta cinco palabras claves separadas por coma; el rótulo Palabras claves se escribe en negrilla, Arial 12, y ajustado al margen izquierdo.

Abstract. En una traducción al inglés del párrafo presentado como resumen en español. Se presenta bajo las mismas condiciones de estilo que el texto original en español.

Keyword. En una traducción al inglés de las palabras claves presentadas en español. Se presentan bajo las mismas condiciones de estilo que el original en español.

Contenido principal. Los artículos que son de investigación e innovación, conforme es definido por Colciencias-Colombia, su contenido principal se estructura con las siguientes partes: 1. Introducción, 2. Metodología, 3. Resultados y discusión, 4. Conclusiones, 5. Referencias. Estos componentes serán secciones del artículo por lo que cada una debe ser un título escrito en mayúscula sostenida, fuente Arial y tamaño 12, negrilla y ajustado al margen izquierdo; todos los títulos llevan enumeración, excepto las referencias. Los subtítulos, se presentan en minúsculas, excepto la primera letra que se escribe en mayúscula, fuente Arial 12, ajustado al margen izquierdo y enumerados.

Referencias

Las referencias deberán ir al final del manuscrito y bajo el sistema APA. En las referencias solo se incluyen las fuentes que sustentan el trabajo y utilizadas en la investigación (no es bibliografía). Toda cita al interior del texto debe incluirse en las referencias. La lista de referencias se da en orden alfabético por apellido del primer autor, o primera palabra si el autor es corporativo o por título si la publicación no tiene autor; utilizando sangría francesa, y fuente Arial 12. Como ilustración de las referencias, se ofrece los siguientes ejemplos.

- *Artículo revistas impresas*

Autor(es). (Año). Título del artículo. *Nombre de revista, volumen*(número), páginas.

Ejemplos:

Benetti, C. (2000). La estructura lógica de la teoría general de Keynes. *Cuadernos de Economía*, XIX(33), 9-49.

Ruth, D.W. & Chany, P.S. (1976). Relationship of diffuse to total radiation in Canada. *Solar Energy*, 18(1), 153-156.

- *Artículo online con DOI (Digital Object Identifier)*

Tabacco, G. A. (2013). A new way to assess banking competition. *Economics Letters*, 121(2), 167- 169, doi: 10.1016/j.econlet.2013.07.028

- *Artículo online sin DOI (con dirección URL)*

Hall, R.E. (1998). The relation between price and marginal cost in U.S. industry. *The Journal of Political Economy*, 96(5), 921-947. Recuperado de: <http://links.jstor.org/sici?sici=0022-3808%28198810%2996%3A5%3C921%3ATRBPAM%3E2.0.CO%3B2-G&origin=repec>

- *Libro impreso*

Autor(es) o editor(es). (Año). *Título*. Lugar de publicación: Editorial

Ejemplos:

Nooteboom, B. (2000). *Learning and innovation in organizations and economies*. New York: Oxford.

Wooldridge, J.M. (2006). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Madrid: Thomson.

- *Capítulo de libros impreso*

Autor(es). (Año). Título del capítulo. En Apellido, Inicial de nombre del autor. *Título del libro* (páginas).
Lugar de publicación: Editorial

Hass, J.R. (1992). Rigorous distillation calculations, In Kister, H.Z. *Distillation Design* (pp. 135-140). Boston: McGraw-Hill.

Observar además las normas APA para capítulos de libros electrónicos obtenidos de bases de datos, de capítulos de libros electrónicos obtenidos de Internet con DOI o sin DOI (con URL)

- *Simposios*

Autor(es). (Mes, año). Título del trabajo presentado. En nombre del presidente (Presidencia). Título del simposio. Simposio llevado a cabo en Nombre de la organización, localización

Ejemplo:

Pérez, N.V., Guagliano, M.L. y Villanueva, C.M. (Octubre, 2011). Red nacional de inteligencia tecnológica y organizacional en la república de Argentina: Red ITECNOR. En González Alvarez, D. (Presidente). Innovación para el crecimiento sostenible en el marco del Bicentenario. Simposio llevado a cabo en XIV Congreso Latino-Iberoamericano de gestión tecnológica. Lima, Perú.

- *Trabajo final de graduación sin publicar*

Autor. (Año). Título de la tesis (tesis inédita de maestría o doctorado). Nombre de la institución, localización.

Ejemplos:

Das, R. (1998). Determining the locations of faults in distribution systems (Unpublisher doctoral thesis). University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.

Alarcón, R., (2003). Determinación de Difusividades de Gases a Alta Presión en Sólidos Porosos, (Tesis inédita de maestría). Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

- *Referencias de un mismo autor*. Se presentan por el año de publicación más reciente. Además, si estas referencias pertenecen a un mismo año, se ordenarán alfabéticamente por título del trabajo agregándoles una letra minúscula en el paréntesis que lleva el año de publicación, como se ilustra a continuación:

Álvarez, C. y López, C. (2012a)...

Álvarez, C. y López, C. (2012b)...

Álvarez, C. y López, C. (2011)...

- *Referencias de hasta siete autores.* En este caso anote los apellidos e iniciales de los nombre de los siete autores.

Álvarez, C., López, C., Gallego, J., Valencia, G., Aguirre, J., Rendón C., Cataño, G. (2013)...

- *Referencias con ocho autores o más.* Anote el primer apellido e iniciales de los primeros seis autores, luego ponga tres puntos suspensivos y anote el último autor.

Álvarez, C., López, C., Gallego, J., Valencia, G., Aguirre, J., Rendón C.,..., Montes, J. (2013)...

Citas bibliográficas

El sistema de citas bibliográficas al interior del texto será conforme al estilo APA (*Publication Manual of the American Psychological Association*) 6ta. Edición y no se admiten pies de página. En particular, si la cita directa o textual tiene menos de 40 palabras, se encierra entre comillas dobles; si el texto contiene más de 40 palabras se escribe sin comillas, dejando sangría de un centímetro en los lados izquierdo y derecho. En ambos casos, al final de la cita se añade el apellido del autor, año y página(s), todo entre paréntesis. Por ejemplo, para un autor: (Correa, 2009, p. 105), para dos autores: (Álvarez y Gallego, 2010, p.25), para referencias con más de dos autores, se citan la primera vez todos los apellidos y, en la subsiguiente mención, se cita el apellido del primer autor seguido de la frase et al., y el año, como en el siguiente ejemplo: (Cardona, et al., 2009, p.131); en el caso de citar la fuente en la oración que introduce la cita en el texto, sólo se incluye al final el número de página entre paréntesis. Si la cita textual tiene seis o más autores, se cita el primer apellido del primer autor seguido de et al., desde su primera aparición en el texto, como en el siguiente ejemplo: (Hernández, et al., 2013, p.15). Las citas indirectas (o paráfrasis) no van entre comillas, pero se da crédito al autor señalando su apellido y el año de publicación. En la citación, tenga presente si el apellido del autor hace parte o no de la oración; igualmente la manera de citar de acuerdo con la cantidad de autores. Se solicita a los autores realizar la marcación sin usar la herramienta hipervínculos ni fuentes cruzadas que afectan el proceso de diagramación.

Presentación de tablas

Las tablas deberán ser de buena calidad, con símbolos legibles y claros, elaboradas en Word o Excel; no se aceptan como imágenes integradas al texto. Use solo líneas horizontales para presentar la información, no utilice líneas verticales para separar columnas. Las tablas se deben enviar en blanco y negro o escala de grises. Éstas deben incluir un título en español y al pie el respectivo título en inglés. Se presentan de forma centrada y enumeradas por orden de aparición en el texto como «Tabla X», siendo «X» un números arábigos; todo esto en su parte superior. Todas las tablas deben ser citas en el artículo. Toda la tabla se escribe en Arial 10, con la expresión «Tabla X» en negrilla.

Presentación de figuras

Las figuras, deberán ser de buena calidad, con símbolos legibles y claros; no se aceptan como imágenes integradas al texto. Se deben enviar en blanco y negro o escala de grises. Las figuras deben incluir un título en español e inglés, y se presentan de forma centrada y enumeradas por orden de aparición en el texto, como «Figura X», siendo «X» un números arábigos; todo esto en su parte inferior. Todas las figuras deben ser citas en el artículo como “Fig. X”. Se autoriza incluir hasta 5 figuras. Utilizar Arial 10, con la expresión «Figura X» en negrilla.

Presentación de ecuaciones

Las ecuaciones van centradas en el manuscrito y enumeradas conforme al orden de su presentación con números arábigos entre paréntesis ubicado en su margen derecho. Éstas deben estar escritas en el editor de ecuaciones de Word; no se aceptan como imágenes integradas al texto. Todas las ecuaciones deben ser citadas en el texto por medio de su número arábigo entre paréntesis, por ejemplo «(1)».



Esta revista se terminó de imprimir en
EDITORIAL L. VIECO S.A.S en el mes de diciembre de 2014

La carátula se imprimió en propalcote 300 gramos,
las páginas interiores en propalmate 90 gramos.