

## COEFICIENTE “U” DE INNOVACIÓN – PROPUESTA DE MEDICIÓN DE BARRERAS PARA LA INNOVACIÓN. APLICACIÓN EN 200 EMPRESAS DE COLOMBIA

### **Jhon Wilder Zartha Sossa**

Magíster en Gestión Tecnológica de la Universidad Pontificia Bolivariana – UPB  
Docente investigador en la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana – UPB. Medellín  
jhon.zartha@upb.edu.co (Colombia)

### **Bibiana Arango Alzate**

Ph.D en Tecnología de Recursos Forestales de la Universidad de São Paulo – USP  
Docente de Pregrado y Postgrado en temas de Gestión de la Tecnología y la Innovación de la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana – UPB. Medellín  
bibiana.arango@upb.edu.co (Colombia)

### **Jose Gamaliel Medina**

Realizando la maestría en gestión tecnológica en la Universidad Pontificia Bolivariana – UPB  
josegamaliel.medina@alfa.upb.edu.co (Colombia)

### **Andres Felipe Avalos**

Magíster en Gestión Tecnológica de la Universidad Pontificia Bolivariana – UPB  
Docente del Postgrado en gestión tecnológica e investigador del Grupo de Investigación en Gestión de la Tecnología y la innovación  
avalosp@gmail.com (Colombia)

### **Resumen**

En este artículo se describe la herramienta “Coeficiente U de innovación” y los resultados que se han obtenido en una muestra de 200 empresas de las regiones de Antioquia, Quindío, Risaralda y Santander – Colombia. Actualmente, alrededor de 550 empresas de Colombia, México y Chile han utilizado la herramienta y han calculado el coeficiente “U” de innovación en los rangos alto, medio y bajo, desde alto para indicar que existen pocas barreras para la innovación hasta un indicador bajo que evidencia la presencia de muchas barreras. La muestra corresponde a una selección aleatoria de empresas que usaron la herramienta entre septiembre del 2011 y marzo de 2013. En esta ocasión, se logró medir el coeficiente “U”, para determinar si existe alguna diferencia entre las 4 regiones, por áreas o dependencias y determinar el rango en el que se encuentran dichas regiones, en términos del coeficiente “U” de innovación.

**Palabras claves:** Innovación; Barreras para la innovación; Coeficiente “U” de innovación.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han realizado varios proyectos de investigación y se han escrito varios artículos donde se han analizado las barreras para la innovación que existen al interior de diferentes empresas o sectores industriales en los cuales se pone en relieve entre otros aspectos, la falta de compresión entre la academia y la industria para la ejecución conjunta de proyectos innovadores (Rigby, 2012 y Pellicer, 2012), y el hecho de que las barreras a la innovación no sólo se dan al interior de las compañías o por sectores, sino que también existen barreras exógenas que dificultan el proceso de innovación (Simon & Rehn, 1987). En cuanto a barreras exógenas con las cuales se puede enfrentar una organización, (Jasanoff, 1985) hace un seguimiento al efecto del soporte gubernamental en las investigaciones en biotecnología en Alemania, para determinar el efecto de la inversión pública en las decisiones de la empresa privada como una posible barrera.

En otros casos de estudio, se observa que aquellas empresas que son intensivas en conocimiento, aunque son muy dinámicas en términos de innovación, esta tiende a ser incremental y focalizada, y presentan barreras al mejoramiento de su nivel de innovación (Booyens, 2012), además, si bien se pueden encontrar empresas las cuales destacan por sus logros en innovación, estas compañías para poder mantenerse, deben superar las barreras culturales con respecto a la innovación que se pueden encontrar en todos los niveles de la organización (Zhao, 2006). En general, las barreras para la innovación han sido investigadas en diferentes sectores como el de la construcción, la educación, entre otros (Christie y Jurado 2009; Rutkowski, 2010; Boollens, 2012).

En el ámbito educativo, Rutkowski y Mościńska (2010) estudiaron las barreras para la innovación frente a la educación online, buscando responder la pregunta: ¿Por qué los profesores subutilizan las herramientas innovadoras? Finalmente encuentran que los profesores solo adoptaran estas herramientas cuando sea obligatorio. Christie y Jurado (2009) realizaron también un estudio similar acerca de las barreras de un grupo de profesores, frente a una plataforma online para su propio aprendizaje.

Por otra parte, Mirow et al (2008) hacen un estudio de las barreras a la innovación que se presentan cuando se establecen equipos de I+D en ambientes integrados o separados, encontrando que en el primer caso muestran baja motivación a explorar nuevas opciones, mientras que los grupos en ambientes separados evidencian problemas de colaboración interdepartamental.

Zhao (2006) analiza el caso de Siemens (Australia) destacando los logros en innovación alcanzados por la compañía, pero también identifica los retos que tienen para mantener su nivel de innovación, concluyendo que la clave para mantenerse, está en superar las barreras culturales con respecto a las innovaciones que se pueden encontrar en todos los niveles de la organización. Este hallazgo también lo evidencian Vandebempt y Matthyssens (2004) quienes al estudiar compañías en un mercado con características de madurez, encuentran que la lógica de estas compañías impide la innovación y por lo tanto es necesario cambiar ciertos paradigmas gerenciales para superar estas barreras e implementar una innovación realmente estratégica.

La metodología del coeficiente “U” de innovación, se basa en un símil entre algunos conceptos de la transferencia de calor y las barreras que presenta el proceso de innovación en cada una de sus etapas, con el fin de analizar qué tan proclives son las organizaciones para la adopción, promoción, apalancamiento y patrocinio de nuevas ideas, proyectos o actividades dentro del proceso de I+D+i. La herramienta fue desarrollada en el marco de varios proyectos de investigación y tesis de especialización y se encuentra alojada en un sitio web cuya dirección es: <http://barrerasparalainnovacion.com/>

El concepto básico es el coeficiente global de transferencia de calor U y la relación inversa que presenta con respecto a las resistencias o barreras térmicas. De esta forma las barreras para la innovación representan las resistencias por conducción y convección, y el coeficiente “U” de innovación, adquiere tres categorías que dependen del peso de las barreras y de su ponderación final: alto, medio o bajo. Por otra parte, Las barreras que contempla la herramienta, son en primera instancia las barreras planteadas en un estudio del laboratorio de gestión de innovación (Management innovation lab, 2007) y de acercamientos y discusiones originados en tesis de postgrados de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, con los cuales se logró determinar una base de 18 barreras clasificadas en físicas, de dinero y tiempo.

Con relación a los criterios o parámetros que determinan el estado actual de la herramienta, se tiene que las resistencias presentan una configuración en serie, dado que desde un punto de vista conceptual y práctico, un gran número de barreras para la innovación se presentan de acuerdo con la etapa del proceso de innovación, y varias de esas etapas solo pueden desarrollarse cuando otras etapas primarias se hayan establecido (Cooper, 1994). Por otra parte, las barreras físicas se clasifican en barreras por conducción debido a su naturaleza, que simula la transferencia por contacto directo con sólidos; las barreras relacionadas con el dinero y el tiempo al ser elementos no tangibles se clasifican en barreras del tipo convectivo.

## 2. CONSIDERACIONES DE LA HERRAMIENTA-COEICIENTE "U" DE INNOVACIÓN

Para la evaluación de ideas, proyectos o actividades dentro del proceso de I+D+i, el usuario hace la evaluación de cada una de las ideas con respecto a unas barreras para la innovación, las cuales se muestran en la [Tabla 1](#)

Tabla 1. Barreras para la innovación.

No. De Barrera	BARRERA	Tipo de Barrera	Clasificación Barrera
1	Obtener tiempo personal para desarrollar la nueva idea.	Tiempo	Convección
2	Obtener acceso a los datos y la información crítica requerida para el desarrollo de la idea.	Información	Convección
3	Convertir la idea en un caso de negocio convincente para sustentarse con autoridad ante el patrocinador.	Física	Conducción
4	Tratar con objeciones que reflejan modelos mentales inflexibles dentro de la organización.	Información	Convección
5	Encontrar un patrocinador ( <i>sponsor</i> ) adecuado.	Física	Conducción
6	Sentirse incentivado a perseverar con su idea sin importar las trabas que puede tener.	Información	Convección
7	Tener acceso a expertos en otras partes de la compañía que puedan ayudar al desarrollo de la idea.	Física	Conducción
8	Obtener financiamiento en fases tempranas del proyecto o idea innovadora.	Dinero	Convección
9	Tener pleno conocimiento de los riesgos y las disposiciones regulatorias de la organización.	Información	Convección
10	Mantener el <i>momentum</i> a pesar de los contratiempos tempranos.	Física	Conducción
11	Mantener vivo el proyecto a pesar de los cambios de prioridades de la organización.	Física	Conducción
12	Mentalidad cortoplacista y de resultados tempranos versus planes a largo plazo que se puedan presentar.	Información	Convección
13	Conseguir talento humano que apoye la idea y trabaje en el desarrollo de la idea o proyecto.	Física	Conducción
14	Incapacidad de acarrear los costos que genera sacar un profesional de línea para que se dedique de lleno a gestionar la idea o proyecto.	Dinero	Convección
15	Falta de presupuesto para implementación de la idea o Proyecto.	Dinero	Convección
16	No se encuentra personal capacitado para desarrollar la idea o proyecto formulado.	Física	Conducción
17	No se cuenta con personal que guie adecuadamente la compra de equipos planteados en la idea o proyecto.	Física	Conducción
18	Miedo al impacto entre tecnología y recurso humano, en su manejo o en el posible despido de personal de la organización.	Física	Conducción

Fuente: Jaramillo (2011)

Luego, el usuario califica dichas barreras de 0 a 10, donde 0 quiere decir que la barrera no se presenta en la organización y 10 que se presenta totalmente, existiendo la posibilidad de puntajes intermedios. De esta manera, una ponderación total de las barreras y luego el inverso de estas determina el valor del coeficiente "U" de innovación, el cual es un indicador que mide si la organización presenta barreras altas, medias o bajas para la innovación. De esta forma si el valor del coeficiente "U" de innovación es alto, la organización presenta pocas barreras, caso contrario, si el coeficiente es bajo, lo cual indica la existencia de muchas barreras. Los valores encontrados del coeficiente "U" de innovación pueden estar ubicados en 3 rangos que se muestran en la

Tabla 2

**Tabla 2.** Rangos del coeficiente “U” de innovación

RANGO	CATEGORÍA
$\geq 140$	ALTO
[70 – 139]	MEDIO
[25 – 69]	BAJO

Fuente: Jaramillo (2011)

En un estudio piloto esta metodología fue aplicada en empresas pequeñas, medianas y grandes de una ciudad intermedia de Colombia, donde se obtuvo en términos generales un coeficiente U de innovación bajo- medio, con una tendencia hacia los valores más bajos. El estudio también permitió establecer la resistencia más alta y más baja que se presentó en la mayoría de las empresas, las cuales fueron obtener tiempo personal para desarrollar la nueva idea, y no contar con personal que guíe adecuadamente la compra de equipos planteados en la idea o proyecto (Zarthá, 2013), este artículo presenta el escalado de la metodología a un conjunto de 200 empresas de Colombia y se espera en 2014 tener el análisis de resultados de aplicación actual en empresas de Chile y México.

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Construcción de la base de datos

Se extrajo una muestra aleatoria del aplicativo web de 200 empresas que determinaron su coeficiente “U” de innovación, entre septiembre del 2011 y marzo de 2013, al mismo tiempo, que se realizó una depuración de la información, detectando valores atípicos. Para el análisis, se seleccionaron las regiones de Antioquia- (Medellín), Quindío – (Armenia) Risaralda y Santander, debido que se disponía para estas regiones, de al menos 30 datos, los cuales son suficientes para realizar análisis comparativos. (Moreno-Gil, 1998).

#### 3.2 Análisis de la información y métodos comparativos

La comparación entre las cuatro regiones se presenta primero por medio de un histograma con el fin de determinar el rango en el que se haya al menos el 90% de las empresas en cada una de las regiones y establecer si a primera vista, hay alguna diferencia significativa entre las regiones de acuerdo a dichos rangos. Luego a partir de un análisis de varianza ANOVA se determinó si estadísticamente, con un nivel de confianza del 95%, existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios y entre la desviación estándar poblacional del coeficiente "U" de innovación en cada una de las regiones. Finalmente, mediante un gráfico de cajas y bigotes, se estableció si existen diferencias entre las regiones de Antioquia y Quindío, de acuerdo a las áreas o departamentos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

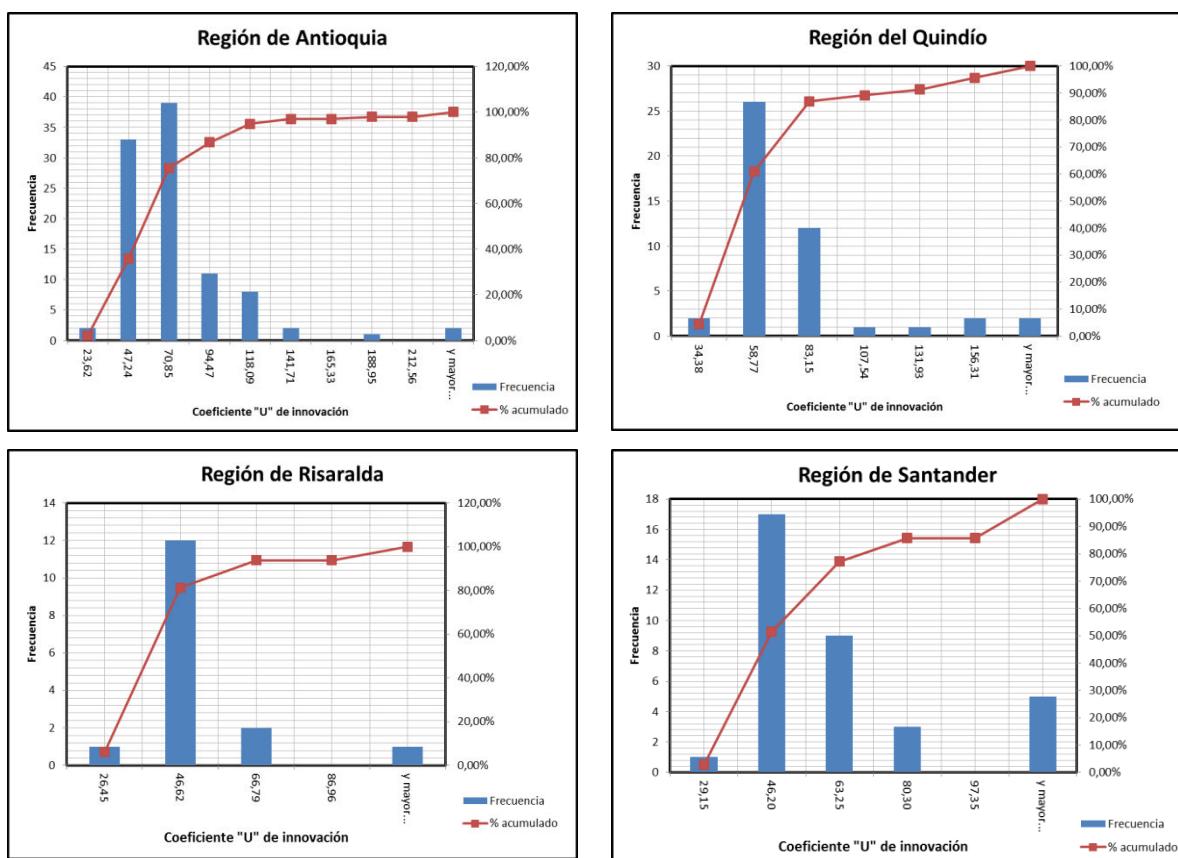
### 4.1. Análisis Descriptivo entre las regiones

El [Gráfico 1](#), muestra el porcentaje de empresas que se tomaron por cada región, de acuerdo al criterio de aleatoriedad. Se puede notar que la región de Antioquia es la más representativa, debido a que hasta la fecha estipulada era la que tenía el mayor número de registros.

**Gráfico 1.** Porcentaje de participación de cada región en el estudio

El

Gráfico 2, muestra que en Antioquia alrededor del 90% de las empresas tienen un coeficiente “U” de innovación que va entre 23.62 y 118.09, donde el 40% de estas empresas tienen un valor central de 70.85, esto indica que Antioquia, en términos del coeficiente de innovación “U” se sitúa en un rango bajo-medio, y que un buen número de empresas (el 40%) se encuentran en los alrededores de un nivel medio de una manera muy ajustada. En tanto que el 90% de las empresas del Quindío tienen un coeficiente “U” que va desde 34.38 hasta 107.54, donde el pico más alto que corresponde a un valor de 58.77, está constituido por el 57% de las empresas. Esto indica que esta región, aunque se encuentra en una rango bajo-medio, el coeficiente “U” se centra en la categoría “bajo”. Con relación a las empresas de la región de Risaralda, el 90% están en un rango que va desde 26.45 hasta 66.79 y donde el pico más alto corresponde al 75% de las empresas, cuyo valor central es de 46.62. Esto indica indiscutiblemente que esta región se encuentra en una categoría bajo. Finalmente, aproximadamente el 90% de las empresas de la región de Santander tienen un coeficiente “U” que se encuentra entre 29.15 y 97.35 y donde el 50% de las empresas, que corresponden al pico más alto, tienen un coeficiente “U” de 46.20. Esto muestra que esta región igualmente se caracteriza por tener un coeficiente “U” bajo.



**Gráfico 2.** Distribución del Coeficiente de innovación "U" en las cuatro regiones de Colombia

Por otra parte, el

**Gráfico 2**, muestra cierta asimetría negativa, lo que indica que en las cuatro regiones, la mayor parte de los datos se concentran en los valores más bajos, lo que podría además mostrar que no hay muchas diferencias entre estas cuatro regiones, a pesar de que un pequeño porcentaje de empresas obtuvieron valores por encima de 140, como es el caso de la región de Antioquia con un 3%, y en la región del Quindío con un 4%. En términos generales, al comparar los valores centrales del coeficiente "U" de cada una de las regiones y la distribución de los datos, estos tienden a centrarse en una categoría "baja"

#### 4.2. Análisis ANOVA entre regiones

Para determinar si existen diferencias significativas entre el valor medio del coeficiente de innovación "U" de cada región, la [Tabla 3](#) muestra los resultados de un análisis ANOVA. Dado que el P-valor es mayor a 0.05, se cumple la hipótesis nula con un 95% de probabilidad, lo que indica que no hay diferencia estadísticamente significativa en los rangos bajo los que se encuentra el 90% de las empresas en cada región.

**Tabla 3.** Tabla ANOVA para el coeficiente "U" de innovación por regiones

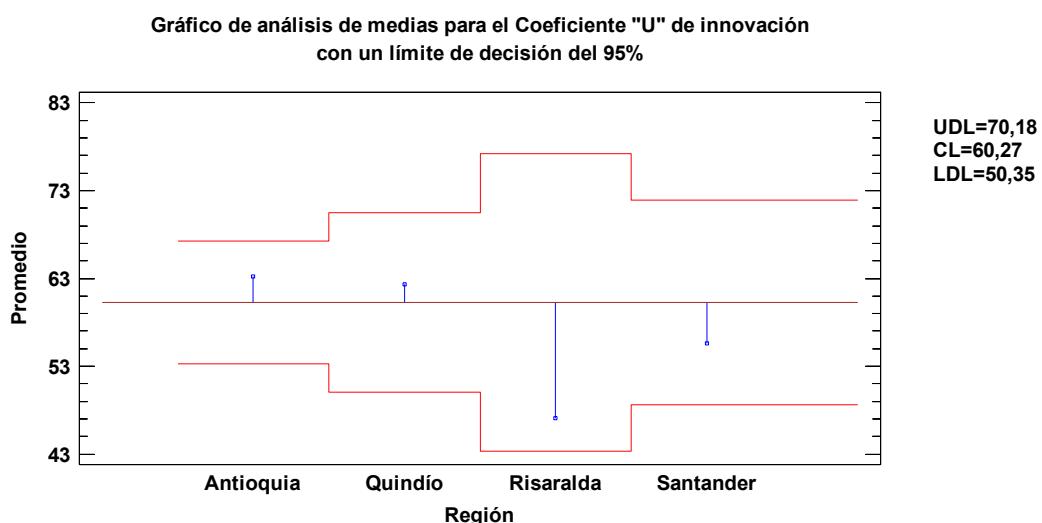
SOURCE	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F-RATIO	P-VALUE
Between groups	4794,76	3	1598,25	1,50	0,2171
Within groups	208394,	195	1068,69		
Total (Corr.)	213189,	198			
BARTLETT'S			TEST	1,08703	0,0011009

Sin embargo, al analizar las desviaciones estándar de cada región, la [Tabla 3](#), muestra el estadístico de Bartlett's, que mide la igualdad entre las desviaciones estándar poblacional. Dado que el P-valor del test es menor a 0.05, indica que hay diferencias entre las desviaciones estándar de cada una de las regiones. Un análisis más detallado muestra que solamente las desviaciones estándar poblacional entre Antioquia y Quindío y entre Risaralda y Santander, son iguales.

Como forma para validar los resultados anteriores, el

**Gráfico 3**, muestra que efectivamente, los valores medios del coeficiente "U" de las regiones de Antioquia y Quindío son muy similares, mientras que el valor de Risaralda (que posee el

Coeficiente "U" más bajo) y el de Santander, están por debajo de la media global. Aunque en términos generales, no hay diferencias entre estas regiones en términos del coeficiente de innovación "U", al menos con un 95% de confiabilidad, puesto que las cuatro regiones se encuentran dentro de los límites de decisión, que toma en cuenta la desviación estándar poblacional.



**Gráfico 3.** Análisis de medias para el coeficiente "U" de innovación para las Regiones

En síntesis, si bien el coeficiente "U" varía razonablemente entre las cuatro regiones, especialmente la región de Risaralda, en términos del coeficiente "U" estas regiones no presentan diferencias, ya que se sitúan en la categoría "bajo". Por otra parte, teniendo en cuenta la desviación estándar en cada una de las regiones, se tiene que el límite superior global, equivale a una categoría "media" muy ajustada.

#### **4.3. Análisis Comparativo entre Áreas o Departamentos**

Dada la calidad de la información, en este punto se muestra un análisis comparativo entre las áreas o departamentos a los cuales se les aplicó la herramienta, en las empresas de las regiones de Antioquia y Quindío.

##### **Región Antioquia**

El [Gráfico 4](#), muestra un comparativo entre las áreas de la región de Antioquia, las cuales fueron agrupadas en cuatro grupos: Aquellos relacionados con la I+D, con el sector de la educación, los procesos administrativos, y los procesos y el mercadeo. Este mismo gráfico muestra valores atípicos, que en las áreas de I+D y de educación, corresponden a los valores del coeficiente "U" más altos.

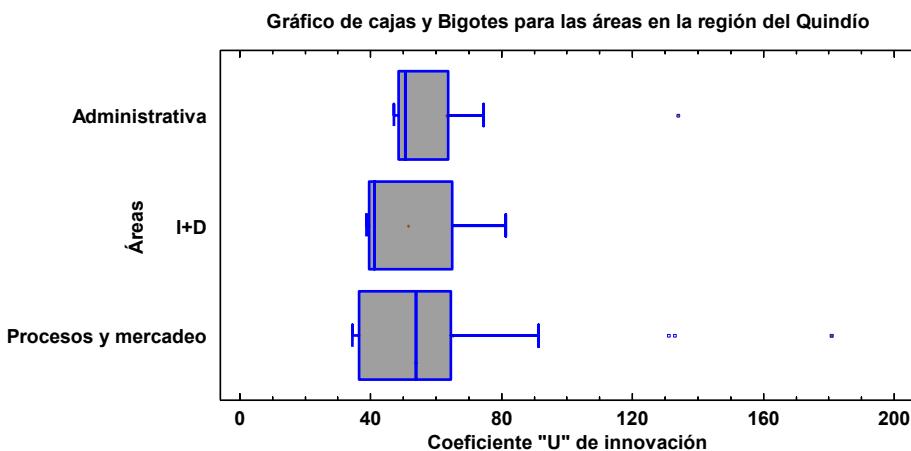
**Gráfico 4.** Gráfico de cajas y Bigotes para las áreas en la región de Antioquia

Por otra parte, el [Gráfico 4](#) muestra asimetría positiva, en donde se puede notar que la mayoría de los datos, se concentran entre la mediana y el primer cuartil. En términos del Coeficiente "U", se tiene que las áreas de I+D y de educación, y las áreas administrativa y de procesos y mercadeo, guardan cierta similitud, dada la ubicación de su valor central y la distribución de los datos.

En términos del coeficiente "U", se observa en el [Gráfico 4](#), que en las áreas administrativa, y de procesos y mercadeo, se encuentran en una categoría baja, mientras que las áreas de educación e I+D, se encuentran en una categoría medio-bajo.

## Región Quindío

El Gráfico 5 muestra que el área administrativa y los procesos y mercadeo, presentan valores atípicos que corresponden a los valores más altos del coeficiente "U" de innovación, al mismo tiempo que todas las áreas presentan asimetría positiva. Sin embargo, a diferencia de la región de Antioquia, todas las áreas se encuentran en una categoría de "bajo"



## 5. CONCLUSIONES

El análisis descriptivo muestra que Antioquia presenta un coeficiente de innovación bajo-medio, donde el 74% de las empresas se hallan en un nivel bajo, aunque el 52% de este porcentaje se aproxima a la categoría media. La región del Quindío y Santander, también tienen un coeficiente de innovación bajo-medio, sin embargo, el 60% de las empresas del Quindío y el 77% de las empresas de Santander se encuentran en un rango bajo. Entre tanto, la región de Risaralda se encuentra en un rango bajo, representado por el 94% de empresas que se hallan en este rango.

Antioquia es la región que presenta menos dificultades o barreras a la hora de desarrollar ideas y proyectos, con respecto a las demás regiones, mientras que Risaralda es la región que presenta más dificultades.

Por otra parte el análisis ANOVA muestra que no hay diferencias en la forma como las empresas desarrollan ideas o proyectos innovadores, aunque en las regiones puedan imperar diferentes barreras. Esto también se observa en el hecho de que la media global con la cual se contrasta el gráfico de análisis de medias corresponde a un coeficiente de innovación bajo. El hecho de que las regiones de Antioquia y Quindío, estén por encima de la media global, quizás se deba a que tienen un pequeño porcentaje del 3 y del 4% de empresas respectivamente, que se sitúan en una categoría alta, caso que no ocurre en las otras dos regiones.

En cuanto al análisis comparativo por áreas o departamentos entre las regiones de Antioquia y Quindío, se observa que en general las áreas se sitúan en un rango bajo-medio, y bajo, respectivamente, donde los valores altos del coeficiente "U" aparecen como valores atípicos. Esto

finalmente indica que no hay muchas diferencias en la forma como estas dos regiones afrontan las ideas o proyectos innovadores, por áreas o departamentos.

## REFERENCIAS

- Booyens, I. M. (2012). Innovation in High-Technology SMMEs: The Case of the New Media Sector in Cape Town. *Urban Forum*, 1-18.
- Christie, M. A., & Jurado, R. G. (2009). Barriers to innovation in online pedagogy. *European Journal of Engineering Education*, 34(3), 273-279.
- Clancy, J. S. (2001). Barriers to innovation in small-scale industries: Case study from the Briquetting industry in India. *Science, Technology and Society*, 6(2), 329-357.
- Cooper, R. (1994). New products: The factor that drive success. *international marking review*, Vol 11, pp 60-76.
- Jaramillo, E. (2011). Coeficiente Integral de Innovación “U” Propuesta de símil desde la Transferencia de Calor. Medellín, Colombia, pp. 1-48
- Jasanoff, S. S. (1985). Technological innovation in a corporatist state: The case of biotechnology in the Federal Republic of Germany. *Research Policy*, 14(1), 23-38.
- Management Innovation Lab. MIL (2007). Building Management Processes that Support Innovation.
- M. A. T. J. (2009). Barriers to innovation in online pedagogy. *European Journal of Engineering Education*, 34(3), 273-279.
- Mirow, C. (2008). The ambidextrous organization in practice: Barriers to innovation within research and development. 68th Annual Meeting of the Academy of Management. Anaheim, CA.
- Moreno-Gil, J. S. (1998). Procedimientos Estadísticos: Con Statgraphics. Madrid: ESIC
- Pellicer, E., Correa, C. L., Yepes, V., & Alarcón, L. F. (2012). Organizational Improvement Through Standardization of the Innovation Process in Construction Firms. *EMJ - Engineering Management Journal*, 24(2), 40-53.
- Rigby, E., McCoy, A., & Garvin, M. (2012). Toward Aligning Academic and Industry Understanding of Innovation in the Construction Industry. *International Journal of Construction Education and Research*, 8(4), 243-259.
- Rutkowski, J., & Mościńska, K. (2010). Barriers to innovation in e-pedagogy: A case study. *Proceedings of the 13th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education*. Maui, HI.

Simon, D. F., & Rehn, D. (1987). Innovation in China's semiconductor components industry: The case of Shanghai. *Research Policy*, 16(5), 259-277.

Vandenbempt, K., & Matthyssens, P. (2004). BARRIERS TO STRATEGIC INNOVATION IN INDUSTRIAL MARKETS. *Advances in Business Marketing and Purchasing*, 13, 701-723.

Zarthá, S. J. (2013). Methodology to calculate the integral coefficient of Innovation "U" in organizations. IAMOT. Oporto.

Zhao, F. (2006). Technological and organizational innovations: Case study of Siemens (Australia). *International Journal of Innovation and Learning*, 3(1), 95-109.

## **U INNOVATION COEFFICIENT. PROPOSAL FOR ANALYZING BARRIERS TO INNOVATION. RESULTS FROM 200 COLOMBIAN COMPANIES**

### **ABSTRACT**

This paper describes the tool "U Innovation coefficient" and the results obtained in a sample of 200 companies from the regions of Antioquia, Quindío, Risaralda, Santander-Colombia. Currently, about 550 companies of Colombia, Mexico and Chile have used the tool and calculated the U Innovation coefficient in the low, medium and high ranges, from a high measurement to indicate that there are few barriers to innovation, up to a low indicator, which shows many barriers. The sample corresponds to a random selection of companies that used the tool, between September 2011 and March 2013. This time, it was possible to measure the 'U' coefficient to determine whether there is any difference between the 4 regions by areas or departments and determine the range in which these regions lie, in terms of U Innovation coefficient.

**Key words:** Innovation; Barriers to innovation; U innovation coefficient.

---

Data do recebimento do artigo: 05/11/2013

Data do aceite de publicação: 03/03/2014