



**MODELO DE EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO ESCALONADO DE
GRUPOS DE INVESTIGACIÓN**

PROYECTO DE GRADO

MÓNICA FLORIÁN DÍAZ

JORGE MURILLO MURILLO

**Asesor
HUGO F. ARBOLEDA JIMENEZ
Ingeniero de Sistemas
Doctor en ingeniería**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIONES
MAESTRÍA EN GESTIÓN INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES
SANTIAGO DE CALI
2012**

**MODELO DE EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO ESCALONADO DE
GRUPOS DE INVESTIGACIÓN**

MÓNICA FLORIÁN DÍAZ

JORGE MURILLO MURILLO

**Trabajo de grado para optar al título de
Máster en Gestión de Proyectos y Tecnología con Énfasis
en Gerencia de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones**

**Asesor
HUGO F. ARBOLEDA JIMENEZ
Ingeniero de Sistemas
Doctor en ingeniería**



**FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIONES
MAESTRÍA EN GESTIÓN INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES
SANTIAGO DE CALI
2012**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali, julio de 2012

© Copyright by Mónica Florián Díaz, Jorge Murillo Murillo, 2012
Todos los Derechos Reservados

INDICE DE CONTENIDO

1. Introducción.....	7
1.1. Contexto y Motivación.....	7
1.2. Planteamiento del Problema.....	8
1.3. Objetivo General.....	8
1.4. Objetivos Específicos.....	9
1.5. Resumen del Modelo Propuesto.....	9
1.6 Resumen de Resultados Obtenidos.....	10
1.7 Organización del Documento.....	10
2. Evolución para el Fortalecimiento de GI.....	11
2.1 Cronología de la evolución del concepto de Grupo de Investigación y sus modelos de clasificación por parte de Colciencias.....	11
2.2. Relación de los GI en Ingeniería con la Industria.....	12
3. Modelos de Medición de GI	13
3. 1. Modelo Colciencias – Colombia.....	13
3.2. La Bibliometría y la Cientometría - Cobertura de Indicadores de Ciencia, Tecnología e innovación.....	15
3.3. Análisis Envolvente de Datos para la Medición de Eficiencia Académica.....	18
3.4. Medición por Indicadores Internos.....	19

4. Modelo de Fortalecimiento.....	21
4.1. Estructura del Modelo.....	21
5. Evaluación Cualitativa del modelo de Fortalecimiento.....	31
5.1. Modelo Ajustado.....	31
5.2. Correlación Intuitiva.....	32
5.3. Sensibilización del Modelo.....	33
6. Análisis Cuantitativo del Modelo de Fortalecimiento.....	36
6.1. Aplicación Modelo de Fortalecimiento.....	36
6.2. Revisión de Resultados.....	45
6.3. Índice de Fortalecimiento vs Índice TRC.....	46
6.4. Reagrupamiento de Niveles en el Modelo de Fortalecimiento.....	48
Conclusiones y Recomendaciones.....	50
Bibliografía.....	52

1. Introducción

1.1. Contexto y Motivación

Existen diferentes niveles organizativos en el ámbito de la investigación aplicada a problemas reales de la industria en el área de ingeniería. Entre dichos niveles, los *grupos de investigación (GI)* constituyen una de las modalidades de asociación más generalizadas a nivel local e internacional. Los grupos de investigación se consideran como unidades organizativas funcionales, lo que tiene importantes consecuencias en las políticas de fomento de los grupos e incluso en su consideración en las instituciones de investigación [1].

Para el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias, antes llamado Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología 'Francisco José de Caldas' – Colciencias [2], es esencial hacer visible la investigación dentro y fuera del país; con tal objetivo, desde Colciencias se organizan las políticas públicas frente al tema, se dirigen los recursos y se argumenta frente al gobierno nacional la importancia y necesidad de los grupos de investigación.

Dentro de su misión, una tarea fundamental para Colciencias es saber quiénes trabajan en investigación en el país, qué producen, cómo lo hacen, qué tipo de productos obtienen, a cuántos investigadores forman y, en general, la dinámica de esta actividad. Colciencias convoca a los grupos de investigación científica o tecnológica, principales actores de los desarrollos científicos y tecnológicos del país, en concordancia con la Política Nacional de Ciencia y Tecnología 2000-2002 (Documento CONPES 3080), para que el conocimiento y sus múltiples aplicaciones sean elementos centrales para el desarrollo económico y social de las sociedades contemporáneas. [3]

Colciencias evidencia la necesidad de tener grupos exitosos y efectivos que generen conocimiento que redunde en beneficios para el crecimiento de todas las regiones del país, y que apoye a la industria real en el logro de sus objetivos estratégicos por medio de aportes en innovación. La industria colombiana requiere de grupos que apoyen su estrategia de investigación y desarrollo, y faciliten su inclusión en el mercado con productos diferenciadores. En particular, en el área de ingeniería, la innovación en productos y servicios es la única manera de ser competitivo y sostenible.

La evolución del concepto nacional de “grupo de investigación” y el modelo usado para clasificar dichos grupos ha convergido a un concepto que gira en torno a la productividad. Dicha productividad es medida en términos de, por ejemplo, artículos publicados en revistas previamente clasificadas por Colciencias, productos de software que representen innovación tecnológica, patentes

registradas o libros científicos publicados. La estrategia usadas por Colciencias para promover el fortalecimiento y consolidación de grupos se ha basado tradicionalmente en el otorgamiento diferencial de apoyos de tipo económico; entre mejor clasificado esté el grupo, más oportunidades de recibir recursos. La responsabilidad de construir planes de mejoramiento se ha delegando a cada grupo y a la institución a la cual se encuentre vinculado.

1.2. Planteamiento del Problema

Actualmente Colciencias provee un modelo para clasificar grupos de investigación de acuerdo con su producción. Sin embargo, no provee un modelo de fortalecimiento que involucre variables endógenas de medición del grupo, y que permita, de acuerdo con un plan adaptable a las necesidades de cada grupo, establecer planes de mejoramiento con el objetivo de aumentar su productividad. Por variables endógenas nos referimos a elementos de medición que permitan evidenciar el estado interno del grupo, y que se constituyan en un medio para mejorar la productividad; por ejemplo, qué tan bien capacitado está el grupo para reportar resultados de investigación usando un idioma diferente al español?, qué tan bien dotado está de laboratorios de manera que se puedan hacer prácticas y experimentos requeridos?, entre otras variables.

Recientemente Rubby Casallas, Ph.D. Docente asociada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes, reportó su trabajo en lo que llamó un modelo de fortalecimiento para grupos de investigación. Este modelo tiene como objetivo servir de herramienta para que un grupo (auto) diagnostique su éxito y efectividad, y con base en el diagnóstico, defina un plan de mejoramiento que permita fortalecer el grupo de manera gradual. Hasta donde nuestro conocimiento llega, este es el único trabajo reportado acerca de un modelo que se centre en variables internas del grupo y tenga como objetivo apoyar su fortalecimiento incremental, dejando de lado la intención de comparación con otros grupos.

Actualmente el modelo de la profesora Casallas carece de validación, conceptual y cuantitativa, que sustente su relevancia y aplicabilidad. En lo referente a la validación conceptual, el modelo no ha sido validado por parte de la comunidad científica nacional con el objetivo de identificar oportunidades de mejora del mismo. El modelo carece además de validación cuantitativa que permita evidenciar el nivel de correlación existente entre la clasificación de un grupo de acuerdo con el modelo y la clasificación dada por Colciencias.

1.3. Objetivo General

Validar y documentar, conceptual y cuantitativamente, el modelo de fortalecimiento para grupos de investigación de facultades de ingeniería creado por Casallas, el cual está centrado en variables internas del grupo y tiene como fin establecer

planes de mejoramiento de los grupos de investigación.

1.4. Objetivos Específicos

1. Conceptualizar variables que puedan ser usadas en un modelo de medición, agrupándolas en categorías que permitan sugerir planes de mejoramiento para los grupos de investigación.
2. Plantear mediante herramientas públicas estilo encuestas, la evaluación del modelo en la comunidad académica investigativa.
3. Adaptar el modelo de fortalecimiento de Casallas y documentarlo, tomando en cuenta las categorías resultantes del modelo validado, y separando del resto del modelo los elementos de medición de productividad.
4. Validar el modelo resultante del objetivo anterior en el medio académico de la investigación, estudiando la correlación entre la clasificación de los grupos de acuerdo con el modelo y de acuerdo con un modelo de caracterización como es el de Colciencias en su versión vigente al inicio de este trabajo.
5. Establecer la correlación entre elementos del modelo y elementos del modelo de caracterización de Colciencias en su versión vigente al inicio de este trabajo.

1.5. Resumen del Modelo Propuesto

El modelo que se plantea como objetivo general de esta propuesta es una herramienta para facilitar a los Grupos de Investigación (GI) la posibilidad de realizar un auto-diagnóstico del ejercicio de la investigación que actualmente realizan, y que, con base en ese diagnóstico, se planteen planes de mejora con acciones concretas, presupuestos y resultados verificables. El GI lograría un fortalecimiento gradual que a la postre sería demostrable con su clasificación en el medio de la investigación con resultados de acuerdo a lo esperado.

Para lograr el objetivo se propuso iniciar con un análisis previo del *modelo de evaluación y fortalecimiento escalonado* de grupos de investigación, propuesto internamente en la Universidad de los Andes. El modelo pretende cubrir un conjunto de elementos que se consideran determinantes para lograr el éxito de un grupo. Si bien existen estándares locales e internacionales en relación a cómo medir el éxito de un grupo, por ejemplo en términos de productividad, en la actualidad no existe una herramienta de soporte que apoye al grupo en el proceso de evaluarse "*internamente*" y crear planes con el objetivo de convertirse en un grupo exitoso.

Esta propuesta hace varios supuestos sobre lo que debería ser y la forma en la

que debería trabajar un grupo de investigación para ser exitoso. El modelo propuesto tiene una noción de mejoramiento gradual e incluye elementos tales como “niveles” que pretenden guiar al grupo en el proceso de lograr dicha mejora. El principio de base está en una conciencia explícita del grupo sobre su situación actual, en una disciplina de planificar las acciones del grupo, hacer seguimiento y utilizar los resultados para retroalimentar el nuevo plan.

El modelo propuesto está conformado por 7 elementos cada uno con varios atributos para un total de 17 atributos. Cada elemento y sus atributos definen una dimensión del quehacer del grupo y son importantes para determinar el éxito y la efectividad del mismo. Cada elemento tiene asociado un acuerdo sobre lo que “debería ser”. Con base en el acuerdo se define para cada elemento/atributo cuatro niveles de fortalecimiento. Salvo el nivel cero que significa que aun no se satisfacen completamente las condiciones para ser nivel 1, cada nivel tiene asociado un valor que le permitirá al grupo, primero diagnosticar su estado con respecto al atributo y segundo, plantear una meta. La meta puede ser subir de nivel, es decir alcanzar el siguiente valor de fortalecimiento, o mantener el nivel para concentrarse temporalmente en otro atributo. Se considera que un grupo no puede estar en un nivel si antes no satisfacen completamente las condiciones del nivel anterior.

1.6 Resumen de Resultados Obtenidos

1. Estudio y documentación modelo Casallas de Fortalecimiento.
2. Disposición del modelo de fortalecimiento para su evaluación por académicos en el contexto de los GI, en un medio público como son las encuestas.
3. Modelo de Fortalecimiento documentado y aplicado a GI para análisis de su ejercicio de la investigación y propuesta de estrategia de mejoramiento escalonado.
4. Análisis de resultados correlacionando la clasificación de los GI de acuerdo con el modelo de Fortalecimiento y de acuerdo con el modelo de clasificación de Colciencias.
5. Correlación entre las variables del modelo de Fortalecimiento y elementos del modelo Colciencias.

1.7 Organización del Documento

El primer capítulo del documento presenta la motivación de este trabajo, se plantean el problema y los objetivos, un resumen del modelo objeto de estudio, los resultados que se pretenden tener para alcanzar los objetivos planteados y la

organización misma del documento. En el capítulo 2 se hace una reseña del concepto de GI y su evolución en el tiempo buscando el mejoramiento continuo de los GI. El capítulo 3 del documento muestra modelos de medición basados en variables exógenas, la productividad. Particularmente se reseña el modelo de clasificación de Colciencias en Colombia. Igualmente se referencian experiencias de medición de GI basados en indicadores. En el capítulo 4 se refiere se hace el despliegue del modelo Casallas que es la propuesta de estudio en este trabajo, modelo para el fortalecimiento de grupos de investigación. Se definen los elementos constitutivos del modelo y su relación e impacto con elementos del modelo Colciencias. El capítulo 5 despliega un análisis cuantitativo del modelo propuesto. Modelo afinado y aplicado en diferentes grupos de investigación categorizados por Colciencias en A1, A, B, C y D; se detallan hallazgos de acuerdo a la correlación efectuada. Se plantea una correlación de resultados de la aplicación del modelo de Fortalecimiento y resultados del modelo Colciencias sobre el mismo GI. El documento en su último capítulo presenta algunas conclusiones relevantes de ese trabajo.

2. Evolución para el Fortalecimiento de GI

2.1 Cronología de la evolución del concepto de Grupo de Investigación y sus modelos de clasificación por parte de Colciencias

Colciencias define los grupos de investigación como el conjunto de personas que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o mediano plazo para trabajar en él y producen unos resultados de conocimiento sobre el tema en cuestión (Colciencias, 2006). La organización de los sistemas de investigación de las instituciones colombianas, especialmente de las universidades, están organizados alrededor de los grupos de investigación cuya existencia se verifica cuando demuestra producción de resultados tangibles y verificables, fruto de proyectos y de otras actividades de investigación.

En 1991 a partir de la Ley 29/1990 establecida como “Política de Apoyo al fortalecimiento y consolidación de los grupos y centros de investigación” Colciencias convocó a los grupos de investigación y construyó para su clasificación un modelo conceptual de manera conjunta con la comunidad científica y académica. Igualmente, en el marco de esta política, Colciencias definió el grupo de investigación como “*el núcleo o unidad básica del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación*” para la generación de conocimiento a partir de la investigación [4]. También identificó y reconoció la dinámica de los grupos, estableciendo algunas estrategias para promover su fortalecimiento y consolidación. De la misma manera definió y afinó conceptos de “grupo de investigación”, “centros de investigación”, “investigador”, “línea de investigación”, “personas que participan en los procesos de investigación”, y se desarrollaron los

conceptos para la recolección y análisis de la información.

En los años 1996, 1997 y 1998 nuevamente se realizaron convocatorias para la clasificación de los grupos de investigación con el propósito particular de asignar apoyos financieros, según la categoría otorgada a cada uno por un comité de expertos quienes se apoyaron para sus decisiones en modelos construidos previamente [3]. Fue para la convocatoria de grupos del año 1998 que el primer modelo de medición se diseñó basado en un índice para hacer la diferenciación entre los grupos de investigación. Desde entonces este modelo ha sido modificado para cada convocatoria. El propósito del primer modelo fue el de ayudar a los expertos de los comités de evaluación en la selección de grupos para el otorgamiento de apoyos de tipo económico. Se elaboró un escalafón, basado fundamentalmente en los mismos elementos de los modelos más recientes, con la adición de la información de financiación y de equipos e instrumentos disponibles; estos dos últimos tipos de datos se omitieron posteriormente debido a la dificultad para recoger la información.

Ya para la convocatoria en el año 2000 se introdujeron dos cambios. Primero, no se convocó comités de expertos para hacer la selección y clasificación de los grupos y segundo, las categorías de los grupos se obtuvieron mediante deciles del índice de medición construido. Durante los siguientes años, continuó la “modernización” de la gestión del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCyTI) para facilitar el seguimiento permanente a los desarrollos nacionales y mundiales en ciencia, tecnología e innovación. En el 2008 se construyó un nuevo escalafón de grupos de investigación científica, tecnológica o de innovación, y se generaron estadísticas que buscaban ser más precisas y confiables en lo referente al desarrollo científico nacional sobre las capacidades disponibles del SNCyTI.

Así pues, la evolución del concepto de “grupo de investigación” y el modelo usado para clasificar dichos grupos ha convergido a un concepto que gira en torno a la productividad. Dicha productividad es medida en términos de, por ejemplo, artículos publicados en revistas previamente clasificadas por Colciencias, productos de software que representen innovación tecnológica, patentes registradas o libros científicos publicados. La estrategia usadas por Colciencias para promover el fortalecimiento y consolidación de grupos se ha basado tradicionalmente en el otorgamiento diferencial de apoyos de tipo económico; entre mejor clasificado esté el grupo, más oportunidades de recibir recursos. La responsabilidad de construir planes de mejoramiento se ha delegando a cada grupo y a la institución a la cual se encuentre vinculado.

2.2. Relación de los GI en Ingeniería con la Industria

En palabras de Van Raan (2004): "podemos definir el avance científico como el incremento sustantivo de nuestro conocimiento acerca de “todo”. En líneas

generales diferenciamos el conocimiento básico (comprender) del conocimiento aplicable (uso). Este conocimiento puede ser 'tácito' (artesanía, habilidad, el saber hacer) o codificado (archivado y públicamente accesible)"

Intercambiar conocimiento e información es parte sustantiva del quehacer científico. Se publica para someter los resultados a juicio de las comunidades especializadas, asegurar la prioridad del descubrimiento, reclamar el derecho a la propiedad intelectual, acumular conocimiento para usos futuros. El objetivo de la comunicación científica es el registro, evaluación, diseminación y acumulación del conocimiento, hechos y percepciones humanas. Sin duda las publicaciones no son los únicos elementos importantes del proceso de medir los resultados de la ciencia, pero son una parte importante del intercambio de información. Se estima que, en la actualidad, cada año se agregan cerca de 1.000.000 de nuevas publicaciones al acervo mundial del conocimiento.

Los indicadores del producto de la investigación estarían destinados a mostrar, evaluar y orientar la política científica y los instrumentos desarrollados para fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación a nivel nacional. De acuerdo con Ramírez y Rodríguez (2008) [5] en el mundo, se ha considerado relevante, por parte de las entidades que pertenecen al nivel macro de la organización de la investigación, valorar la dinámica y los resultados obtenidos por los grupos de investigación, es por ello que se han definido indicadores de desempeño que permiten conocer de cada grupo, el volumen y tipo de productos de investigación, así como el grado de formación de los integrantes, información que es utilizada para realizar un proceso de clasificación o categorización. Esto ha creado e impulsado la cultura de medición entre grupos de investigación, no obstante, la medición al ser realizada por terceros y no directamente por los mismos grupos es considerada una medición exógena.

El gobierno nacional, a través de Colciencias, busca que la creación de productos de este tipo apoyen el crecimiento de la industria nacional. A través del tiempo diferentes convocatorias han sido publicadas por Colciencias con el fin de promover la relación de los grupos de investigación con la industria, de manera que esta última se vea beneficiada por los productos innovadores resultado de trabajos conjuntos. Recientemente, entre otras convocatorias y referentes nacionales, la política nacional sobre beneficios tributarios en ciencia, tecnología e innovación llama al trabajo conjunto de la industria y los grupos de investigación con el objetivo de producir innovación y apalancar el desarrollo nacional.

3. Modelos de Medición de GI

3.1. Modelo Colciencias – Colombia

Según Colciencias en Colombia los productos resultado de las actividades de los grupos de investigación se clasifican en tres grupos: productos de nuevo

conocimiento, que corresponden a las actividades que presentan resultados *novedosos* en ciencia y tecnología; productos relacionados con la *formación de capital humano* para la investigación, mediante tesis de maestría o doctorado y la participación del grupo en programas de maestría o doctorado; y, productos relacionados con la *apropiación social del conocimiento*, lo que corresponde a la divulgación y socialización de resultados, a través de diversos medios tales como eventos académicos y medios de comunicación, entre otros.

El modelo Colciencias determina una valoración particular para cada uno de estos elementos, un peso para cada tipo producto dentro de una categoría dada y unos umbrales de saturación en los índices que tiene en cuenta la producción global de todos los grupos que se presentan a una convocatoria de medición. El resultado final de este modelo es una clasificación de los grupos en categorías A1, A, B, C y D, en donde se supone que los grupos A1 son más fuertes (en términos de producción) que los A, estos que los B y así sucesivamente.

Nuevo Conocimiento: Las actividades que mejor muestran la existencia del grupo de investigación científica, tecnológica o de innovación son aquellas que generan productos de nuevo conocimiento: Artículos de investigación. Libros de investigación. Capítulos de libros de investigación. Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados. Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o registrables. Normas sociales, ambientales, de salud pública, basadas en resultados de investigación del grupo. Empresas de origen universitario o empresarial generadas en un grupo de I+D (Spin off).

Nuevo Conocimiento Tipo A: Los productos de nuevo conocimiento son clasificados en varias categorías dependiendo de su importancia relativa. Los productos nuevo conocimiento tipo A son aquellos considerados como los resultados más importantes de los grupos.

Artículos tipo A.,

Libros de investigación y capítulos de libros de investigación tipo A.

Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados.

Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o registrables.

Normas sociales, ambientales, de salud pública, basadas en resultados de investigación del grupo.

Empresas de origen universitario o empresarial generadas en un grupo de I+D (Spin off).

Formación: Una de las actividades importantes de los grupos de investigación es su participación en la formación directa de nuevos investigadores. A esta categoría de productos pertenecen:

Tesis de doctorado dirigidas o realizadas al interior del grupo.

Tesis de maestría dirigidas o realizadas al interior del grupo.

Trabajos de grado dirigidos o realizadas al interior del grupo.

Apoyo a la creación de programa doctoral.

Apoyo a la creación de programa de maestría.

Apoyo a la creación de curso en programa doctoral.

Apoyo a la creación de curso en programa de maestría.

Productos de divulgación y de extensión (D)

Son los productos relacionados con las actividades divulgación y extensión de investigación del grupo tendientes a la apropiación social del conocimiento. Algunos de los productos reconocidos en esta categoría son: Servicio técnicos, Consultorías, Cursos de extensión, Productos de divulgación: cartillas, ponencias en eventos, posters. Literatura de circulación restringida: reportes internos. Textos.

El *Escalafón*, constituido por cinco categorías: A1, A, B, C y D que son determinadas por la edad en años del GI y el indicador *ScientiCol*, calculado como se muestra a continuación y en el cual interviene un valor o peso por elemento a evaluar:

$$\text{ScientiCol} = 5,0 \times NC + 3,5 \times NCA + 1,0 \times F + 0,5 \times D$$

De donde:

Categoría A1: Índice *ScientiCol* mayor o igual a 9.0 y al menos 5 años de existencia.

Categoría A: Tener un índice *ScientiCol* mayor o igual a 7.0 y al menos 5 años de existencia.

Categoría B: Tener un índice *ScientiCol* mayor o igual a 4.0 y al menos 3 años de existencia.

Categoría C: Tener un índice *ScientiCol* mayor o igual a 2.0 y al menos 2 años de existencia.

Categoría D: Tener un índice *ScientiCol* mayor a 0.0 y al menos 1 año de existencia.

3.2. La Bibliometría y la Cientimetría - Cobertura de Indicadores de Ciencia, Tecnología e innovación.

De acuerdo con PRAT [6], La información confiable y con la adecuada calidad obtenida de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, debería ser la base sobre la cual se tomen decisiones políticas en esos ámbitos. La información encontrada y la construcción de indicadores confiables, resultan indispensables para precisar variables sobre las que habría de operar la política a implementarse. Conocer y mejorar las capacidades metodológicas y técnicas de los organismos de las áreas de ciencia, tecnología e innovación en la región contribuye, en la medida de lo posible, a la construcción de capacidades que conllevan al desarrollo integral de los países de América Latina y el Caribe.

El producto o resultado de la actividad de investigación adquiere diferentes formas y varía según cada disciplina. Estos resultados pueden ser agrupados en productos de Comunicación de Resultados – comunicación de conocimiento

científico (publicaciones), productos de aplicación y transferencia de conocimiento (patentados), otros productos.

Así mismo, el producto de la actividad de investigación se puede medir y generalmente es cuantificable. Es por ello que se pueden construir indicadores específicos para conocerlo y evaluarlo tanto a éste como a los "efectos" o productos de la actividad de I+D+i, que varían sobremanera de un área especializada a otra y de un sector de la economía a otro, tales como: producción de graduados de alta calidad, innovaciones tecnológicas con un gran impacto en la economía o en el bienestar social, ampliación de la capacidad de servicios de consultoría e investigación contratada, relaciones internacionales con potencialidad de intercambio, participación en redes, acceso a resultados y facilidades de investigación de alto costo, etc.

En el caso de la producción científica, los indicadores que se generan son generalmente de dos tipos:

- Indicadores de la actividad (indicadores cuantitativos), medidos, por número de publicaciones, número de patentes u otros productos;
- Indicadores de la calidad de lo producido (indicadores cualitativos). medidos a través del análisis de su impacto y uso.

Es importante saber no sólo cuánto se ha producido sino también cuán "bueno" es lo producido. Si bien es relativamente fácil contar el número de publicaciones o patentes y otros productos generados por un grupo de investigación, institución o país, resulta más difícil y costoso analizar la calidad de lo producido. Sin embargo, indicadores de este tipo son los que se requieren al momento de evaluar, y no sólo medir, la actividad científica en diferentes niveles y en distintos momentos de su quehacer.

Según Prat. [6], la comunicación científica es la culminación de un proceso de financiamiento, investigación, discusión y evaluación por pares y, al mismo tiempo, el inicio de un proceso de premios y sanciones, de búsqueda de visibilidad y de permanencia. Las formas de comunicación pueden variar de una disciplina a otra, pero, en general, toda la comunidad científica se encuentra sometida a estas normas.

A partir de estos hechos, surgen a comienzos del siglo XX la bibliografía y la Cientometría, vinculadas con los estudios de sociología de la ciencia. La Bibliometría y la Cientometría son disciplinas relacionadas, si bien poseen características y métodos propios. Fue Derek de Solla Price, en 1963, en su clásico *Little Science, Big Science* - traducido al español como *La Ciencia de la Ciencia* -, quien analizó el sistema de comunicación científica, su crecimiento exponencial y su efecto en las comunidades científicas y su comportamiento, así como los efectos de ese crecimiento en la sociedad contemporánea. Esta obra ha sido considerada como el primer trabajo sistemático para usar la publicación científica como elemento de medida.

La evaluación del producto tiene grados crecientes de complejidad, según el tamaño del grupo a evaluar o medir. Los indicadores bibliométricos tienen mayor relevancia al medir y comparar la actividad de investigación a nivel nacional, institucional o por disciplinas o áreas de desarrollo y presentan mayores problemas al ser aplicados a grupos de investigación o investigadores individuales. En estos casos es recomendable complementar las técnicas bibliométricas puras con otro tipo de evaluaciones tales como evaluación por pares, encuestas y otras metodologías.

La bibliometría se ha constituido, en los últimos años, en una disciplina madura, aceptada en forma generalizada, junto con la evaluación por pares, como una forma de describir analizar y evaluar la actividad de la comunidad científica. Pero el análisis estadístico de la literatura científica empezó mucho antes de que se acuñara el término bibliometría. Véanse: Ley de Lotka, Ley de distribución de Bradford, Ley de Zypf, Derek de Solla Price

Las publicaciones, a pesar de no ser el único producto del trabajo científico, son consideradas como la unidad básica para medir dicho producto, especialmente los artículos publicados en revistas de carácter internacional, con comité editorial compuesto por connotados especialistas en el tema.

No en todas las áreas del conocimiento los investigadores se comunican a través de artículos científicos, pero dado que este es el medio más común para medir y evaluar a la comunidad científica y académica, y producir indicadores comparables a nivel internacional, hay que reconocer que, en cierta medida, se presiona a los investigadores a utilizar este sistema de comunicación. En muchas áreas es tanto o más importante el libro (o la monografía), los informes de progreso, las presentaciones a congresos, etc., y sin embargo muchos estudios, especialmente a nivel nacional o institucional, no suelen considerar estas otras formas de comunicación al momento de medir la actividad total.

La comparación debe hacerse siempre entre conjuntos similares; como dice la frase, "las peras con las peras y las manzanas con las manzanas". Esto es especialmente válido al comparar la producción en diferentes áreas del conocimiento. Ya se ha dicho que cada disciplina tiene sus formas propias de comunicar resultados y de citar trabajos previos.

Los Indicadores de actividad cuantitativos son en general resultado del conteo de publicaciones. Dependiendo del tipo de estudio o análisis pueden llevarse a cabo análisis bastante simples de producción medida de acuerdo con diferentes criterios, y compararlos con diferentes parámetros a nivel nacional o con estudios similares a nivel internacional. Por ejemplo: Número de publicaciones académicas, número de publicaciones por institución, número de publicaciones por zona geográfica, por disciplina, por sector económico, etc,...

De los indicadores de calidad cualitativos se encuentran el número de citas, índice

de inmediatez, factor de impacto, factor tiempo, índice-h, SCImago Journal Rank (SJR).

De cualquier forma, es necesario informar en cada ocasión qué base de datos se ha utilizado, los tipos de publicaciones incorporadas, como se calcularon los trabajos por autor o por institución, los años en que se llevó a cabo la medición y la clasificación de disciplinas utilizada.

3.3. Análisis Envolvente de Datos para la Medición de Eficiencia Académica.

El análisis envolvente de datos, conocido como DEA (del inglés Data Envelopment Analysis) es una técnica no paramétrica para la medición de la eficiencia relativa de unidades organizacionales en situaciones donde existen múltiples entradas y salidas. Los orígenes de DEA se remontan a los años 70, cuando A. Charnes, W. W. Cooper y E. Rhodes [7] desarrollaron la técnica.

Las entidades que son evaluadas con DEA se conocen como DMU (Decision Making Units) unidades de toma de decisión, término que permite referirse a un grupo amplio de unidades organizacionales que pueden ser divisiones de una organización, empresas, entes territoriales e incluso países. Supóngase que se van a evaluar n DMU, cada una consume diferentes cantidades de las m entradas para producir s salidas. La DMU j consume la cantidad X_{ij} de la entrada i y produce la cantidad y_{rj} de la salida r .

Para medir el desempeño de la DMU se resuelve un problema de optimización, que busca maximizar la razón de sus salidas entre sus entradas.

DEA se ha utilizado ampliamente en el sector público y privado nacional e internacional. Algunas de las aplicaciones más importantes en el ámbito universitario han permitido la medición de la eficiencia y comparación de departamentos académicos, universidades y proyectos o grupos de investigación [8], [9], [10], [11] entre otros.

Johnes y Johnes [10] utilizaron DEA para comparar y evaluar el desempeño investigativo de los departamentos de economía del Reino Unido; el modelo utilizado considera como salidas las publicaciones de los miembros de los departamentos en diferentes revistas académicas y como entradas el número de profesores, se realizaron estudios con mas entradas y salidas demostrándose que la metodología es bastante robusta en cuanto a la elección de los datos (entradas y salidas). También se discute el impacto que tiene la financiación externa en la medición de la eficiencia y su consideración como entrada o como salida. Además se realizaron comparaciones con los resultados obtenidos por el UFC (University Funding Council) con correlaciones aceptables. Korhonen et al. [9] usaron DEA para medir la eficiencia investigativa de los departamentos de la Escuela de

Economía y Administración de Negocios de Helsinki.

Para realizar el análisis se definieron cinco criterios para evaluar la investigación: calidad de la investigación, actividades de investigación, impacto de la investigación, educación de investigadores jóvenes y actividad en la comunidad científica. Para cada criterio se utilizaron indicadores apropiados que fueron ponderados usando el proceso analítico jerárquico [9]. Los modelos DEA utilizados tienen retornos variables a escala y algunas extensiones que permiten incorporar preferencias.

El objetivo original de DEA es medir la eficiencia relativa de las DMU; sin embargo, existen varios métodos que extienden DEA para clasificar las DMU; algunos métodos importantes son: eficiencia cruzada [13], super eficiencia [14] y benchmarking [15]

En Restrepo y Villegas [12], se presentó DEA como una nueva metodología para la evaluación y clasificación de grupos de investigación. Por medio de una prueba piloto con varios grupos se pudo comprobar que los modelos DEA orientados a salidas, las extensiones implementadas para la clasificación y la integración con otras herramientas de estadística multivariada forman una metodología robusta y sencilla. Con el uso de DEA se observa que se pueden aliviar algunos de los problemas del índice ScientiCol, ya que en la metodología descrita, cada grupo de investigación es libre de escoger los mejores pesos para sus productos, se pueden incluir en la evaluación entradas tan importantes como el tamaño del grupo y la experiencia del mismo. Igualmente, la evaluación de los grupos se realiza por comparación con los demás grupos que participan y no usando umbrales fijos. Además, para los grupos que no fueron bien evaluados se identifican el aumento necesario en sus salidas, y entre los grupos bien evaluados se identifican aquellos que tienen una mayor importancia.

En cuanto a las oportunidades de investigación y trabajos futuros, dada la flexibilidad de DEA se pueden implementar si es necesario, modelos DEA que en conjunto con otras metodologías (por ejemplo, AHP) incorporen ponderaciones que reflejen la importancia relativa de los diferentes productos en cada disciplina de conocimiento. Se espera también que al realizar una prueba con una muestra más grande, se tenga un mayor poder de discriminación en la evaluación.

3.4. Medición por Indicadores Internos

La medición interna de grupos de investigación es una dinámica importante dado que a través de indicadores de investigación y redes jerárquicas (investigadores titulares, asociados y asistentes), es posible organizar y consolidar la investigación, creando cierta capacidad de sostenibilidad y madurez en la producción científica y tecnológica y en los aportes a las entidades públicas y privadas a través de los proyectos. Esta iniciativa de auto-medirse en este campo,

es una disciplina poco estudiada y por ende poco publicada, son escasos los autores que escriben sobre ello, por lo que generalmente la medición se hace entre grupos para generar categorías, como es el caso de Colombia.

Sin embargo, en el país algunas instituciones han creado indicadores para sustentar su papel académico, tal es el caso de la Universidad Nacional de Colombia en la sede de Medellín quienes tuvieron en cuenta logros de la universidad en investigación, extensión y docencia, en un solo indicador, respondiendo a la necesidad de auto-evaluarse para mejorar la respuesta a la sociedad (Mesa, 1999).

Otra de las iniciativas que se reconoce para medir los grupos de Investigación es la desarrollada por la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín UPB, donde se ha construido experimentalmente un procedimiento de evaluación de la gestión de los grupos de Investigación, la cual es aplicada bianualmente en la institución. Robledo y Cuadros (2004) reconocen que una de las ventajas del procedimiento es que permite a los grupos evaluarse no solo desde la perspectiva de la investigación sino también desde la docencia y los servicios científicos y tecnológicos.

El procedimiento utiliza un índice de excelencia, que ubica al grupo en un escalafón interno y lo enmarca en una de las siguientes categorías: grupo semilla o naciente, grupo en vía de consolidación, grupo consolidado y grupo excelente.

A nivel internacional la Universidad de Alicante en España, utiliza algunos indicadores académicos (Universidad de Alicante, On line) contemplando criterios como la carga docente y la investigación, para motivar y compensar esfuerzos académicos. De la misma manera, el Programa Estatal de Ciencia y Tecnológica del Estado de Jalisco en México, estableció indicadores de investigación básicamente para evaluar sus procedimientos y argumentar sus procesos de toma de decisiones.

Adoptar indicadores de éste tipo según Robledo y Cuadros (2004), permiten a una institución o a un grupo: obtener estadísticas e indicadores sobre la actividad investigativa, apoyar la definición de políticas y estrategias de investigación, apoyar la gestión y planeación a corto, mediano y largo plazo, fortalecer el trabajo en redes, mejorar la gestión de proyectos y actividades de I+D y, mejorar los procesos de decisión utilizando información precisa, confiable y comparable.

Por otro lado, atreverse a construir un indicador no es una tarea fácil, es necesario entender que éste siempre tendrá en cuenta sólo aspectos parciales y no logrará medir integralmente la totalidad, los indicadores son relativos, además deben ser sencillos, fáciles de calcular, objetivos y universales.

Los indicadores permiten comparar una parte de una estructura en un momento del tiempo. En este sentido, Barrado (2004) [16] afirma que los indicadores de investigación deben obedecer a planes plurianuales preferentemente (de

seguimiento anual), ligados a que muestren la dirección y acción a seguir, con fórmulas y valores pactados anteriormente, y deben ser revisados y re-formulados si se hace necesario.

4. Modelo de Fortalecimiento

Al plantear un modelo endógeno de medición, se pretende conseguir que los grupos de investigación se fortalezcan en su ejercicio de la investigación, realizando primeramente un diagnóstico de su situación y proponiendo de acuerdo al resultado obtenido, planes de mejoramiento continuo con acciones concretas y presupuestos para que una vez ejecutados los resultados obtenidos reflejen la madurez del grupo, al ser nuevamente medido y clasificado en el medio nacional e internacional.

El modelo define elementos que son determinantes para alcanzar el éxito de un grupo y, para cada uno de estos elementos, define unos objetivos que deben ser paulatinamente alcanzados por el grupo en su práctica del ejercicio de la investigación. El mejoramiento continuo implica igualmente que el grupo tiene claridad sobre lo que quiere lograr, que trabaja de acuerdo a un plan de acciones a desarrollar definido al interior del grupo y que de manera objetiva puede estar continuamente evaluando sus resultados contra lo proyectado y entonces ajustando actividades, tiempos y presupuestos inicialmente definidos en el plan.

El grupo es catalogado exitoso en la medida en que muestre resultados exitosos en el ámbito institucional, nacional y con estándares internacionalmente aceptados; adicionalmente si obtiene resultados propuestos por el grupo en el ámbito de su línea investigativa.

4.1. Estructura del Modelo

El modelo Casallas, toma elementos de otros modelos como el de Colciencias, tiene en cuenta la productividad y tiene una noción de mejoramiento continuo o madurez para guiar al grupo de investigación a lograr madurar en sus capacidades propias.

El modelo supone lo que debería ser y cómo debería trabajar un grupo de investigación para obtener resultados. Se constituye por elementos y atributos por elementos, mostrando con cada elemento el qué hacer del grupo en esa dimensión. A cada atributo se le define el “debería ser”, correspondiendo a la máxima meta alcanzable en ese atributo de ese elemento.

Como cualquier modelo de madurez, se definen características a cumplir por el grupo que determinan su estado de madurez en un atributo dado, siendo el nivel mayor, el cumplimiento de todas las características del atributo en su definición del

“debería ser”. Adicionalmente se define un nivel inferior inicial cero (nivel 0) determinando que el grupo en ese atributo no alcanza las características ni del primer nivel definido. Esta definición de niveles le permitirá al grupo determinar el estado de cumplimiento de las características en un nivel particular y de plantearse planes y actividades para o mantenerse en ese nivel o escalar al siguiente.

Atributos	N1	N2	N3
Conformación			
Afinidad temática			
Ambiente de Trabajo			
Institucional			
Nacional			
Internacional			
Planeación y Seguimiento			
Laboratorios-Equipos			
Sector Externo			
Internos			
No financiados			
Publicaciones ISI			
Publicaciones Scopus			
Conferencias internacionales (con proceedings)			
Conferencias nacionales (con proceedings)			
Libros/ Capítulos			
Patentes			
Software, Otros			
Estudiantes Pregrado			
Estudiantes Maestría			

Figura 1. Vista gráfica , modelo de fortalecimiento (Casallas)

Cada ítem constitutivo del modelo se define a continuación:

Elemento INTEGRANTES

Este elemento se refiere a la conformación del grupo y la relación con las líneas de investigación que declara. También tiene en cuenta el ambiente de trabajo del grupo.

ACUERDO

Un grupo tendrá más oportunidades de éxito y de ser efectivo, en la medida en que sea cohesivo, focalizado y solidario. Se espera que un grupo tenga más de un integrante y que haya cohesión entre sus miembros y las líneas de investigación que declara, es decir, muy pocas líneas de investigación y varios profesores en ellas. El buen ambiente de trabajo debe contribuir a que, de manera colaborativa, los integrantes puedan desarrollar actividades académicas que requieran capacidades, habilidades y/o conocimientos complementarios.

Atributo: Conformación

Nivel 1:

1. El director del grupo es un profesor de la Facultad de Ingeniería, con dedicación de tiempo completo, categoría de Asistente, Asociado o Titular y con experiencia demostrada en los últimos dos años en alguna de las líneas de investigación atendidas por el grupo.
2. Cada uno de los profesores del grupo acredita producción científica durante los tres últimos años, en las líneas de investigación que forman parte del mismo.

Nivel 2:

1. La conformación del grupo incluye profesores de las distintas categorías del ordenamiento profesoral.
2. Los profesores participan en proyectos que involucran estudiantes de pregrado, maestría y doctorado.

Nivel 3:

1. El grupo incluye postdocs y/o profesores extranjeros visitantes de manera regular.
2. El grupo tiene un plan de recursos humanos consistente con su visión a largo plazo **y acordado con el plan del departamento.**

Atributo: Afinidad Temática

Nivel 1:

1. Existe una justificación relacionada con la creación del grupo y las líneas de investigación que lo conforman.
2. Las líneas de investigación propuestas para formar parte de él están relacionadas entre sí. Dos líneas de investigación se consideran relacionadas cuando persiguen objetivos comunes o complementarios, y comparten los mismos fundamentos en la ciencia o la tecnología.
3. Sus líneas están articuladas con las áreas del posgrado de la Facultad, en la medida en que abren nuevos espacios para la creación de cursos y para el desarrollo de tesis de maestría y doctorado.
4. Las líneas que conforman el grupo acreditan alguna producción científica que permita soportar hacia el futuro el desarrollo de la actividad de investigación.

Nivel 2:

1. Sus líneas de investigación se encuentran declaradas explícitamente en GrupLAC y están respaldadas por productos de investigación.
2. Cada profesor del grupo trabaja en no más de dos líneas de investigación declaradas en el grupo.
3. Cada línea está respaldada por una dedicación en tiempo de los profesores de planta de la Facultad pertenecientes al grupo y su dedicación conjunta supera las 20 horas por semana.

Nivel 3:

1. Los integrantes del grupo son aliados en la presentación de propuestas de proyectos de investigación.
2. Los productos de investigación son resultado de una planeación al interior del grupo y articulados con los proyectos

Atributo: Ambiente de Trabajo**Nivel 1:**

1. Hay comunicación entre los integrantes del grupo.

Nivel 2:

1. Hay espacios formales de participación en el grupo (seminarios, reuniones, etc.)
2. Hay asistencia regular y participativa de los integrantes del grupo a los seminarios, charlas, sustentaciones de estudiantes, etc.

Nivel 3:

1. Hay actividades académicas del grupo (participan varios integrantes de manera colaborativa)
2. Los integrantes del grupo son aliados en la presentación de propuestas de proyectos de investigación.

Elemento NETWORKING

Este elemento se refiere a la conformación del grupo y la relación con las líneas de investigación que declara. También tiene en cuenta el ambiente de trabajo del grupo.

ACUERDO

Un grupo tendrá más oportunidades de éxito y de ser efectivo, en la medida en que conozca e interactúe con sus pares a nivel institucional, nacional e internacional. La realización de actividades con pares externos al grupo permitirá a los integrantes no solo exponer y validar sus ideas sino que también, abrirá oportunidades de proyectos, pasantías, intercambios, etc.

Atributo: Networking Institucional**Nivel 1:**

1. Los integrantes del grupo conocen cuáles son los grupos de la facultad o de la universidad que trabajan temas afines o complementarios a sus investigaciones.

Nivel 2:

1. Los integrantes del grupo participan en seminarios y/o charlas de otros grupos de investigación de la universidad.

Nivel 3:

1. El grupo tiene proyectos y presenta propuestas con otros grupos de investigación de la universidad a convocatorias inter facultades o a entidades externas.

Atributo: Networking Nacional

Nivel 1:

1. Los integrantes del grupo conocen cuáles son los grupos a nivel nacional que trabajan temas afines o complementarios a sus investigaciones.

Nivel 2:

1. Los integrantes del grupo tienen contactos con otros grupos de investigación a nivel nacional y los invita para participar en jurados de tesis de maestría y/o doctorado.

Nivel 3:

1. El grupo tiene proyectos y presenta propuestas y/o organiza actividades académicas con otros grupos de investigación a nivel nacional.

Atributo: Networking Internacional

Nivel 1:

1. Los integrantes del grupo conocen cuáles son los grupos a nivel internacional que trabajan temas afines o complementarios a sus investigaciones.

Nivel 2:

1. Los integrantes del grupo tienen contactos con otros grupos de investigación a nivel internacional y los invita para participar en jurados de tesis de maestría y/o doctorado o para dictar seminarios, cursos o escuela de verano.

2. Está vinculado con al menos un grupo internacional reconocido a través del desarrollo de por lo menos un proyecto de investigación conjunto cada dos años, o a través de cofinanciación para el desarrollo de un proyecto en el mismo plazo.

Nivel 3:

1. Los contactos del grupo a nivel internacional le permiten sostener de manera regular una movilidad de profesores y estudiantes en ambos sentidos. En particular, el grupo tiene proyectos con institutos, centros de investigación, grupos de investigación en universidades donde puede enviar estudiantes doctorales en pasantía.

2. El grupo participa en consorcios internacionales para: Realización de proyectos, Presentación de propuestas, Organización de Eventos

Elemento PLANEACIÓN Y SEGUIMIENTO

El elemento de planeación y seguimiento de alguna forma está presente en el nivel 3 de casi todos los demás elementos/atributos. Sin embargo, existe este elemento explícitamente para resaltar aun más su importancia.

ACUERDO

Un grupo tendrá más oportunidades de éxito y de ser efectivo si desarrolla una disciplina de planeación y seguimiento a sus actividades. Esto le permitirá enfocar sus esfuerzos y tener una visión de corto, mediano y largo plazo. Igualmente, le permitirá articular mejor sus actividades con las de su departamento, la facultad y la Universidad en general.

Dado que los tipos de productos se diferencian, no solo en su naturaleza, sino también en su vigencia como resultado de investigación e innovación, la planeación y seguimiento debe velar por la producción y vigencia de la misma con las ventanas definidas para cada tipo de producto; ejemplos, 5 años ventana de evaluación de un producto diferente a Libro de investigación (7 años), patente (10 años).

Atributo: Planeación y Seguimiento

Nivel 1:

1. El plan de desarrollo de un grupo consiste de metas, estrategias y pre Acuerdos. El plan refleja las prioridades e intereses del grupo, así como su articulación con los programas de pregrado y posgrado.
2. El grupo realiza al menos una reunión anual para definir su plan de desarrollo.

Nivel 2:

1. El grupo realiza reuniones periódicas (al menos una por semestre) para hacer seguimiento al plan de desarrollo y actualizar su estrategia si es del caso.

Nivel 3:

1. El grupo planea, hace seguimiento del plan y establece acciones de mejora que puede medir. El grupo desarrolla indicadores de desempeño anuales individuales y grupales.
2. El grupo articula las habilidades y capacidades de cada uno de sus miembros de manera participativa.

Elemento INFRAESTRUCTURA Y RECURSOS

Este elemento se refiere a la relación del grupo con los laboratorios y espacios físicos para realizar sus investigaciones o, en su defecto, a los recursos de hardware y software. Igualmente se refiere a cómo el grupo obtiene, utiliza y administra sus recursos y cómo es la relación con el departamento y la facultad.

ACUERDO

Un grupo tendrá más oportunidades de éxito y de ser efectivo si cuenta con laboratorios y recursos (incluidos hardware y software) adecuados para realizar sus investigaciones.

Atributo: Laboratorio - Equipos

Nivel 1:

1. El uso de los laboratorios por el grupo es subsidiado.
2. Los recursos que el grupo necesita como máquinas, insumos de laboratorio, etc. son financiados internamente (departamento, facultad, universidad).

Nivel 2:

1. El uso de los laboratorios y la responsabilidad del grupo hacia éste está definido y articulado en los planes del grupo.
2. Los recursos que el grupo necesita como máquinas, insumos de laboratorio, etc. son financiados algunos internamente (departamento, facultad, universidad) y otros por proyectos externos del grupo.

Nivel 3:

1. Cada utilización de un laboratorio por el grupo es financieramente viable.
2. El grupo activamente participa en la planeación, definición de políticas, seguimiento y evaluación del uso y crecimiento de los laboratorios.
3. Existe un plan financiero articulado con el departamento y facultad sobre la compra y utilización de recursos que utiliza el grupo.

Elemento PARTICIPACIÓN PROYECTOS

Este elemento se refiere a la capacidad del grupo para organizar su actividad en términos de proyectos. Los proyectos tienen objetivos, estrategias y resultados concretos. Estos pueden ser sin financiación externa al grupo, con financiación interna (facultad, universidad) o con financian externa a la universidad.

ACUERDO

Un grupo tendrá más oportunidades de éxito y de ser efectivo si organiza su quehacer en términos de proyectos que le permitan definir objetivos y resultados dentro de unas restricciones y un plazo determinado. Por razones de independencia y oportunidades, debería ser meta del grupo tener proyectos financiados por fuentes externas a la universidad. Esto le permitirá, con la obtención de recursos importantes, organizar mejor su investigación y la

continuidad de la misma. Los proyectos con financiación interna deben verse como positivos dentro de un plan del grupo de abrir nuevos espacios de tal forma que estos fondos internos sean semilla para iniciar una investigación. Los proyectos sin financiación, si bien no es una meta en sí misma, es un primer paso para facilitar un trabajo más focalizado

Atributo: Participación Proyectos

Nivel 1:

1. La actividad de investigación de cada profesor está organizada por proyectos con objetivos y resultados definidos.
2. Cada profesor ofrece temas de grado o tesis a estudiantes de pregrado y maestría dentro de un esquema de continuidad dado por los proyectos.

Nivel 2:

1. Cada profesor del grupo participa en al menos un proyecto financiado ya sea interna o externamente por año.
2. Cada profesor del grupo participa en la elaboración de propuestas para conseguir financiación para sus proyectos por año.
3. Los profesores del grupo tienen definida una estrategia para participar y/o liderar líneas de investigación estratégicas de la Facultad por año.

Nivel 3:

1. Cada profesor del grupo lidera al menos un proyecto financiado ya sea interna o externamente por año.
2. Cada profesor del grupo participa, con consorcios internacionales, en la elaboración de propuestas para conseguir financiación para sus proyectos por año.
3. Los profesores del grupo tienen definida participan y/o lideran líneas de investigación estratégicas de la Facultad por año.

Elemento FORMACIÓN

Este elemento se refiere a los estudiantes de pregrado, maestría y doctorado que el grupo atiende para sus proyectos de grado y tesis.

ACUERDO

Un grupo tendrá más oportunidades de éxito y de ser efectivo en la medida en que tenga una estructura organizacional que le permite ser eficiente en la dirección y coordinación de las tesis de doctorado, maestría y pregrado. Su capacidad para organizar los temas de las tesis alrededor de los proyectos de las líneas de investigación le permitirá sacar mejor provecho de los trabajos de los estudiantes.

Atributo: Estudiantes Pregrado

Nivel 1:

1. El grupo asesora al menos un proyecto de grado por año.

Nivel 2:

1. El grupo asesora al menos un proyecto de grado por año y/o participa en el seguimiento a los proyectos intermedios.

Nivel 3:

1. Los proyectos de grado que asesora un profesor del grupo están articulados entre sí y con las tesis de maestría y doctorados que dirija el profesor.

Atributo: Estudiantes Maestría

Nivel 1:

1. El grupo asesora al menos una tesis de maestría por año.

Nivel 2:

1. Cada profesor del grupo asesora al menos dos tesis de maestría por año.

Nivel 3:

1. Las tesis de maestría que asesora un profesor del grupo están articuladas entre sí y con los proyectos de grado y las tesis doctorales que dirija el profesor.

Atributo: Estudiantes Doctorado

Nivel 1:

1. Cada profesor habilitado para dirigir tesis doctoral tiene al menos un estudiante de doctorado.

Nivel 2:

1. Cada profesor habilitado para dirigir tesis doctoral tiene más de un estudiante de doctorado.

Nivel 3:

1. El grupo tiene una estructura organizacional que le permite ser eficiente en la dirección y coordinación de las tesis de doctorado, maestría y pregrado. Los temas

de los estudiantes, en distintos niveles, se complementan y es fácil la participación de los profesores asistentes en la co - dirección de las tesis doctorales.

Elemento DIVULGACIÓN Y PRESENCIA

Este elemento se refiere a la participación del grupo en actividades de divulgación y en la presencia del grupo en eventos académicos nacionales e internacionales relacionados con sus temas de investigación.

ACUERDO

Un grupo tendrá más oportunidades de éxito y de ser efectivo en la medida en que participe en asociaciones y eventos relacionados con su investigación. Esto le permitirá construir un reconocimiento y aumentar sus contactos.

Atributo: Gremios, Asociaciones Nacionales

Nivel 1:

1. Al menos un profesor del grupo es miembro y participa en alguna asociación nacional relacionada con sus temas de investigación.
2. Al menos un profesor del grupo asiste a un evento académico de alguna asociación nacional relacionada con sus temas de investigación por año.

Nivel 2:

1. Más de un profesor del grupo es miembro y participa en alguna asociación nacional relacionada con sus temas de investigación.
2. Cada profesor del grupo asiste a al menos un evento académico de alguna asociación nacional relacionada con sus temas de investigación por año.

Nivel 3:

1. Todos los profesores del grupo son miembros y participan en alguna asociación.
2. El grupo organiza al menos un evento académico nacional al año.

Atributo: Gremios, Asociaciones Internacionales

Nivel 1:

1. Al menos un profesor del grupo es miembro y participa en alguna asociación internacional relacionada con sus temas de investigación.
2. Al menos un profesor del grupo asiste a un evento académico de alguna asociación internacional relacionada con sus temas de investigación por año.

Nivel 2:

1. Más de un profesor del grupo es miembro y participa en alguna asociación internacional relacionada con sus temas de investigación.

2. Cada profesor del grupo asiste a al menos un evento académico de alguna asociación internacional relacionada con sus temas de investigación por año.

Nivel 3:

1. Todos los profesores del grupo son miembros y participan en alguna asociación internacional relacionada con sus temas de investigación.

2. Al menos un profesor del grupo participa en la organización de un evento académico internacional al año.

5. Evaluación Cualitativa del modelo de Fortalecimiento

5.1. Modelo Ajustado

En el estudio y entendimiento del modelo Casallas, se detectan tres aspectos a ser ajustados sensiblemente; dado que el modelo de estudio es basado en variables no referenciadas por otros modelos de medición, se suprime el elemento Producción Nuevo Conocimiento. Se incluye atributo para evaluar la existencia y manejo de un *semillero* en el GI. Se ajusta el atributo *Planeación y Seguimiento* del elemento del mismo nombre en su nivel 1 aclarando que el plan refleja los productos a obtener en el ejercicio de la investigación para la vigencia del plan, de acuerdo a las ventanas de observación manejadas externamente por tipo de producto generado.

Los niveles del nuevo atributo *Semillero* se definen como sigue:

Nivel 1:

1. Están caracterizadas (de acuerdo a la experiencia y contexto) las competencias, destrezas y habilidades de interés para el GI que deben buscar en los candidatos a integrar el Grupo (conocimiento y ser capaz : saber hacer, saber estar, querer hacer, poder hacer).

2. Se definen actividades para afianzar y mejorar las competencias, destrezas y habilidades en los integrantes de acuerdo a los intereses y debilidades identificadas y buscando mejorar la cualificación profesional

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación			
	Afinidad temática			
	Semillero			
	Ambiente de Trabajo			
2. Networking	Institucional			
	Nacional			
	Internacional			
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento			
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios- Equipos			
5. Participación Proyectos	Sector Externo			
	Internos			
	No financiados			
6. Formación	Estudiantes Pregrado			
	Estudiantes Maestría			
	Estudiantes Doctorado			
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales			
	Gremios, asociaciones internacionales			

Figura 2. Modelo de Fortalecimiento, vista gráfica.

Nivel 2:

1. Se definen actividades y/o eventos para búsqueda e integración de nuevos integrantes para el GI
2. Se tiene definido dentro de la planeación cuadro de responsabilidades y roles a ser asignados de acuerdo a las competencias, destrezas y habilidades definidas como de interés en el GI.

Nivel 3:

1. Periódicamente se evalúan los intereses del GI en cuanto a competencias, destrezas y habilidades buscando el mejoramiento continuo del Grupo.

5.2. Correlación Intuitiva

Basados en un razonamiento intuitivo y de intercambio con investigadores, se han definido los impactos bajo, medio y alto por cada atributo del modelo en estudio sobre los elementos del modelo Colciencias. La figura 3, muestra como un atributo en el modelo propuesto impacta débil, moderada o fuertemente sobre un atributo o ítem evaluado por el modelo Colciencias. Se muestra correlación de los elementos del modelo de fortalecimiento sobre el elemento tiempo de vida de un GI dado que la categoría Colciencias es obtenida con base en ese elemento; y sobre su participación en proyectos de investigación en marcha, aunque este último no hace parte fundamental de la categorización Colciencias, se considera su resultado o producto al final, en los otros elementos, NC, F, D.

Esta correlación será objeto de validación de acuerdo con los resultados del análisis cuantitativo que se muestra más adelante en este documento y corresponde a uno de los objetivos de este trabajo.

MODELO PROPUESTO / COLCIENCIAS	TIPOS DE PRODUCTOS				AÑOS DE FORMACIÓN			PROYECTO DE INVESTIGACION EN MARCHA
	Generación de Conocimiento (NC): Libro, Artículo, Capítulo de Libro, Producto patentado, empresa generada en I+D, normas basadas en I+D, productos o procesos no patentables.	Nuevo Formador Investigadores (F): Tesis de doctorado, Tesis de Maestría, trabajo de Grado, Programa Doctoral o de Maestría, Curso en programa doctoral o de maestría.	de Apropiación Social del Conocimiento (D): Existencia de Servicio técnico, Consultoría, curso de extensión, Productos de divulgación, Literatura de Circulación Restringida, Texto.	2 años: un producto de NC	un 3 años: un producto de NC certificado	un >3 años: reportar de manera bi-anual un producto de NC certificado		
1. Integrantes	Conformación	○	●	○				●
	Afinidad temática	○	●	○				●
	Semillero		○	○				○
	Ambiente de Trabajo	●	●		○	○	○	○
2. Networking	Institucional	●	●	○				○
	Nacional	●	●	○				○
	Internacional	●	●	○				○
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento	○	○	○	●	●	●	○
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos	●	○	●	○	○	○	○
	Sector Externo	○	○	●	○	○	○	●
5. Participación Proyectos	Internos	○	○	●	○	○	○	●
	No financiados	○	○	●	○	○	○	●
	Estudiantes Pregrado	○	●	○	●	●	●	
6. Formación	Estudiantes Maestría	○	●	○	●	●	●	○
	Estudiantes Doctorado	○	●	○	●	●	●	○
	Gremios, asociaciones nacionales	○	○	○	○	○	○	
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones internacionales	○	○	○	○	○	○	

●	Impacto Alto del atributo del modelo sobre el modelo de evaluación de Colciencias
★	Impacto Medio del atributo del modelo sobre el modelo de evaluación de Colciencias
○	Impacto Colateral del atributo del modelo sobre el modelo de evaluación de Colciencias

Figura 3. Impacto Modelo de Fortalecimiento sobre el Modelo Colciencias

5.3. Sensibilización del Modelo

Reconociendo la influencia en el Sistema de Ciencia y Tecnología en el área de Ingeniería, solicitamos el apoyo en la evaluación de la propuesta de **Modelo de Evaluación y Fortalecimiento Escalonado de Grupos de Investigación** a diferentes docentes partícipes en GI del área, su retroalimentación al modelo sería para los autores fuente importante de aceptación para posterior difusión del modelo.

La evaluación fue planteada en términos de encuesta, valorando por cada atributo y nivel en si (1) / no (0), tres atributos de calidad definidos de acuerdo a la norma

de estándares internacionales de calidad – IEEE830: necesario, completo, no ambiguo.

Al recibo de las observaciones y recomendaciones, se procede a clasificar y organizar la información la cual se muestra resumida estadísticamente permitiendo la percepción fácil de hechos esenciales. Podemos observar en la figura 4 como a manera general el modelo no presenta mayores inequívocos con respecto a la percepción de los evaluadores.

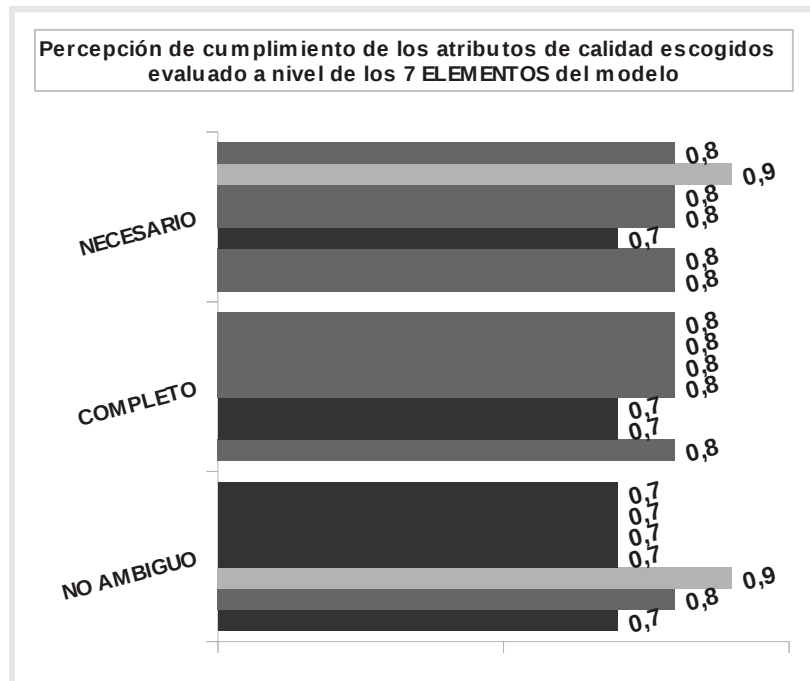


Figura 4. Evaluación Cualitativa Atributos del modelo de Fortalecimiento

El valor porcentual obtenido de las respuestas en cada uno de los tres atributos de calidad en 0,7 , nos llevan directamente sobre los elementos respectivos para realizar el análisis en la estructura y conceptualización de los mismos en el modelo de Fortalecimiento. En la figura 5 se muestra una fuerte percepción positiva de la completitud del modelo en cuanto a los elementos propuestos para su medición .

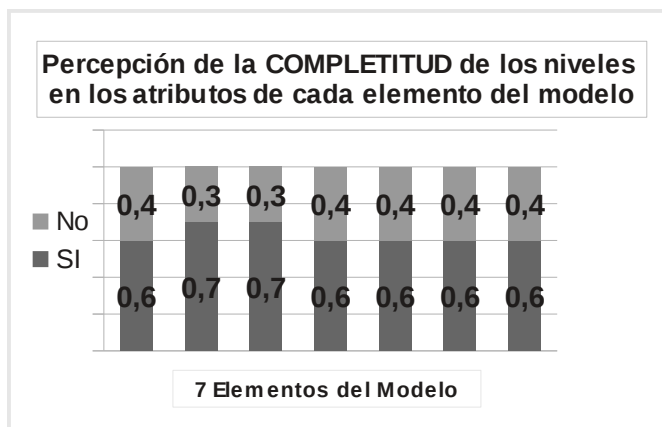


Figura 5. Evaluación Cualitativa Elementos del modelo de Fortalecimiento

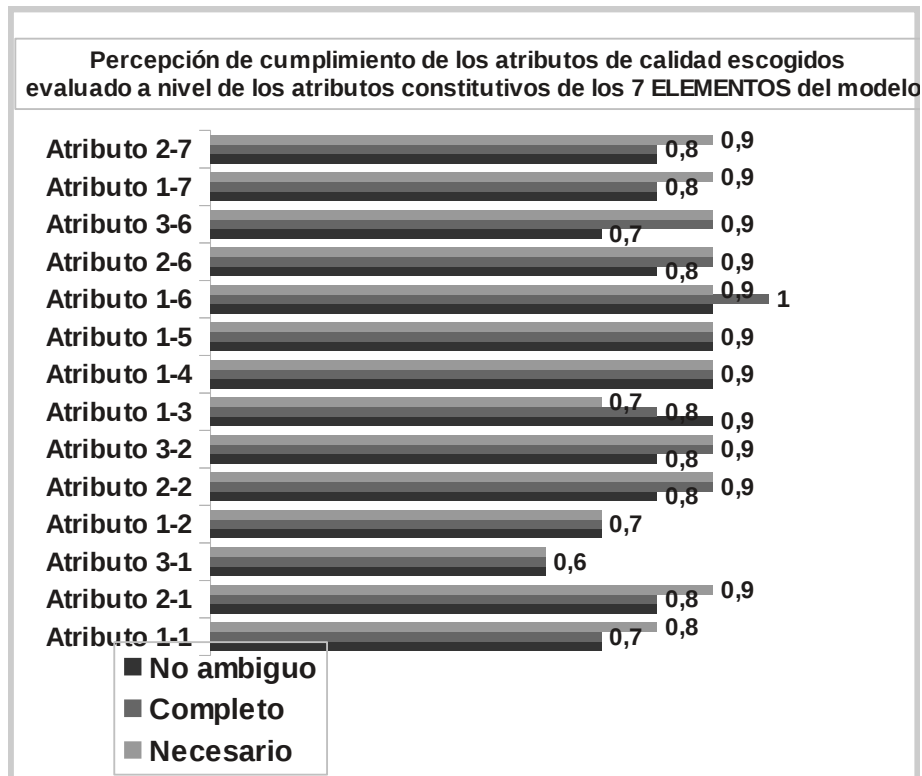


Figura 6. Evaluación Cualitativa Elementos-Atributo del modelo de Fortalecimiento

Al conjugar los resultados presentados se establece que al tratar el concepto integrante de un GI se está hablando de investigadores, estudiantes u otro tipo de persona que intervenga en el ejercicio propio de la investigación. Se incluye el atributo semillero para determinar el tipo y nivel de estudiante e investigador que compone al GI. El ambiente de trabajo se refiere al tema de las relaciones humanas pues se evidencia la importancia del trabajo colaborativo hacia y desde todos los roles definidos en el GI. La productividad debe ser evidenciada en los integrantes por sus niveles de formación académica propia para dicha actividad, maestrías, doctorados, postdoctorados y por la dedicación en tiempo al ejercicio de la investigación. La afinidad temática del GI se determina por la participación colaborativa de sus investigadores en las diferentes líneas de investigación declaradas por el grupo; un GI al declarar líneas de investigación declara objetivos. Los planes del recurso humano del GI se dan de acuerdo a los objetivos en producción que declaren. El Networking nacional involucra el local o regional. Las charlas en las cuales se mide el Networking interinstitucional son charlas propias de o para la investigación y desarrollo. En el modelo se mide el Networking en el entendido de que se tenga la posibilidad y se den las políticas definidas para las relaciones institucionales, nacionales e/o internacionales.

El modelo pretende determinar el nivel de madurez de un GI, no es del alcance del modelo entregar actividades ni planes correspondientes al interés del grupo para escalar o mantenerse en los niveles.

Construir y mantener planes de desarrollo conlleva a mantener la disciplina de hacer planeación y seguimiento de actividades; un plan de desarrollo en un GI consiste de metas, estrategias y pre acuerdos. Existen en la teoría diferentes metodologías de construcción de un Plan de Desarrollo. La definición de un plan financiero soporta la necesidad de los recursos de hardware y software para las pasantías académicas, accesos a bases de datos o publicaciones científicas. Entiéndase proyecto como programa de investigación, hito de investigación que debe articular trabajos de grado, tesis de maestría o de doctorado. La articulación se evalúa entre proyectos de grado, tesis de maestría y doctorado entre ellos y con los proyectos de investigación que el GI y particularmente el docente responsable de ellas tiene bajo su dirección o cotutela.

No está en el alcance de este trabajo evaluar la calidad de proyectos de grado, tesis de maestría o doctorado; tampoco la existencia de políticas para determinar un nivel de calidad aceptado para los proyectos de grado evaluados. Entre los grupos organizados se tienen los grupos de redes de conocimiento. La palabra gremio deberá considerarse en un contexto académico y profesional.

6. Análisis Cuantitativo del Modelo de Fortalecimiento

6.1. Aplicación Modelo de Fortalecimiento

Insistiendo en el reconocimiento de su influencia en el Sistema de Ciencia y Tecnología en el área de Ingeniería, se solicita el apoyo nuevamente a diferentes docentes investigadores del área aplicando el modelo de Fortalecimiento para evaluar el GI al que estuviera adscrito con un rol activo en una de las líneas de investigación proclamadas ante Colciencias como objetivo del grupo. Se usó nuevamente una estructura de encuesta pública.

Por otro lado, de la Base de datos GrupLac de Colciencias la cual almacena el resultado de la aplicación de los indicadores ScientiCol por cada GI, se toma el resultado final que a la postre categorizaría al GI. (ver figura 7) .

Su grupo obtuvo la categoría "XX" de acuerdo a las siguientes condiciones		
Categoría A1:	Un ScientiCol mayor o igual a: 9.0	Una edad mayor o igual a: 5.0
Categoría A:	Un ScientiCol mayor o igual a: 7.0	Una edad mayor o igual a: 5.0
Categoría B:	Un ScientiCol mayor o igual a: 4.0	Una edad mayor o igual a: 3.0
Categoría C:	Un ScientiCol mayor o igual a: 2.0	Una edad mayor o igual a: 2.0
Categoría D:	Un ScientiCol mayor o igual a: 0.0	Una edad mayor o igual a: 1.0

Figura 7. Tabla Informativa Categoría de GI según Colciencias

A continuación la información recolectada de la aplicación del modelo a los diferentes GI.

Grupo de Investigación categoría A1

		Umbrales		Valor	
Índice de nuevo conocimiento (NC)	6,56	6,49	1,01	1,01	
Índice de nuevo conocimiento A (NCA)	5,35	4,83	1,11	1,11	
Índice de formación (F)	3,18	1,88	1,69	1,69	
Índice de divulgación (D)	9,82	10,8	0,91	0,91	

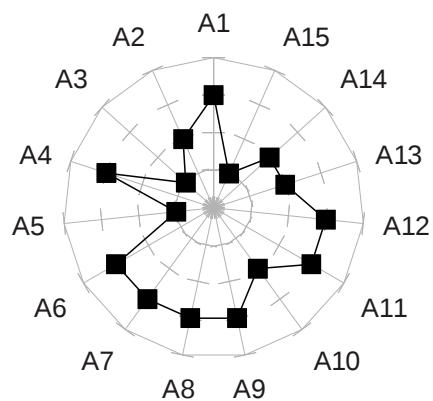


Tabla 1. Valores Resumen GrupLac

Figura 8. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación			✓
	Afinidad temática		✓	
	Semillero	✓		
	Ambiente de Trabajo			✓
2. Networking	Institucional	✓		
	Nacional			✓
	Internacional			✓
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento			✓
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos			✓
5. Participación Proyectos	Sector Externo		✓	
	Internos		✓	
	No financiados		✓	
6. Formación	Estudiantes Pre-grado			✓
	Estudiantes Maestría			✓
	Estudiantes Doctorado		✓	
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales		✓	
	Gremios, asociaciones internacionales	✓		

Figura 9. Resultados GI A1, vista modelo de Fortalecimiento

Grupo de Investigación categoría A

		Umbral		Valor
Índice de nuevo conocimiento (NC)	5	6.49	0.77	0.77
Índice de nuevo conocimiento A (NCA)	3.46	4.83	0.72	0.72
Índice de formación (F)	1.66	1.88	0.88	0.88
Índice de divulgación (D)	3.96	10.8	0.37	0.37

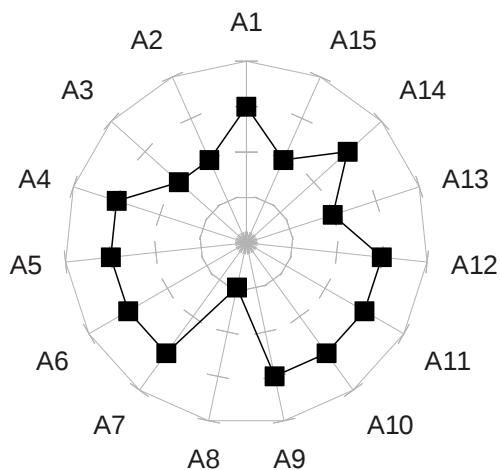


Tabla 2. Valores Resumen GrupLac

Figura 10. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación			✓
	Afinidad temática		✓	
	Semillero		✓	
	Ambiente de Trabajo			✓
2. Networking	Institucional			✓
	Nacional			✓
	Internacional			✓
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento	✓		
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos			✓
	Sector Externo			✓
5. Participación Proyectos	Internos			✓
	No financiados			✓
6. Formación	Estudiantes Pregrado			✓
	Estudiantes Maestría			✓
	Estudiantes Doctorado		✓	
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales			✓
	Gremios, asociaciones internacionales		✓	

Figura 11. Resultados GI A, vista modelo de Fortalecimiento

Grupo 1 de Investigación categoría C

		Umbral		Valor
Índice de nuevo conocimiento (NC)	2,58	6,49	0,39	0,39
Índice de nuevo conocimiento A (NCA)	1,59	4,83	0,33	0,33
Índice de formación (F)	0,56	1,88	0,3	0,3
Índice de divulgación (D)	6,91	10,8	0,64	0,64

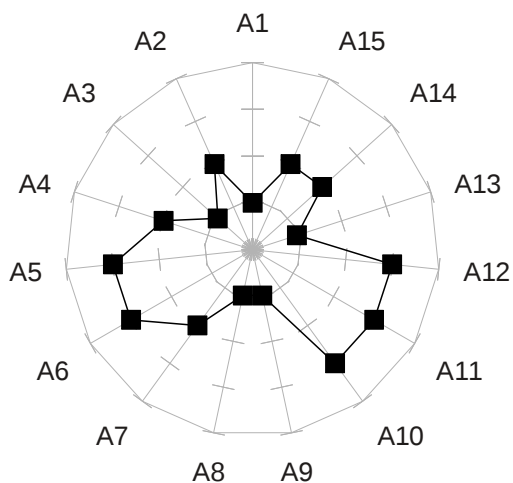


Tabla 3. Valores Resumen GrupLac

Figura 12. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación	✓		
	Afinidad temática		✓	
	Semillero	✓		
	Ambiente de Trabajo		✓	
2. Networking	Institucional			✓
	Nacional			✓
	Internacional		✓	
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento	✓		
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos	✓		
5. Participación Proyectos	Sector Externo			✓
	Internos			✓
	No financiados			✓
6. Formación	Estudiantes Pregrado			✓
	Estudiantes Maestría			✓
	Estudiantes Doctorado	✓		
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales		✓	
	Gremios, asociaciones internacionales		✓	

Figura 13. Resultados GI C, vista modelo de Fortalecimiento

Grupo 2 de Investigación categoría C

		Umbral		Valor
Índice de nuevo conocimiento (NC)	2,07	6,49	0,32	0,77
Índice de nuevo conocimiento A (NCA)	1	4,83	0,21	0,72
Índice de formación (F)	2,88	1,88	1,53	0,88
Índice de divulgación (D)	7,8	10,8	0,72	0,37

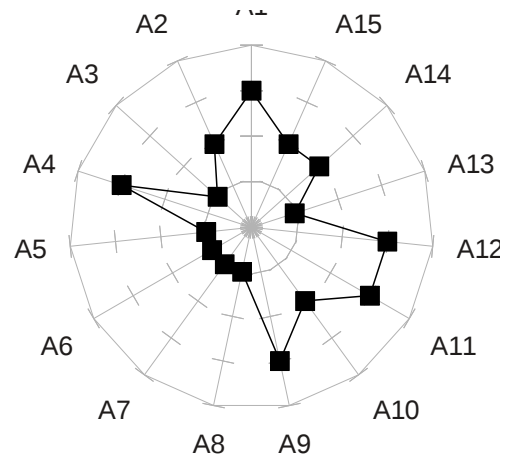


Tabla 4. Valores Resumen GrupLac

Figura 14. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación			✓
	Afinidad temática		✓	
	Semillero	✓		
	Ambiente de Trabajo			✓
2. Networking	Institucional	✓		
	Nacional	✓		
	Internacional	✓		
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento	✓		
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios- Equipos			✓
5. Participación Proyectos	Sector Externo		✓	
	Internos		✓	
	No financiados		✓	
6. Formación	Estudiantes Pregrado			✓
	Estudiantes Maestría			✓
	Estudiantes Doctorado	✓		
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales		✓	
	Gremios, asociaciones internacionales		✓	

Figura 15. Resultados GI C, Vista modelo de Fortalecimiento

Grupo 3 de Investigación categoría C

		Umbral		Valor
Índice de nuevo conocimiento (NC)	1.3	6.49	0.2	0.2
Índice de nuevo conocimiento A (NCA)	1.3	4.83	0.27	0.27
Índice de formación (F)	0.54	1.88	0.29	0.29
Índice de divulgación (D)	3.96	10.8	0.37	0.37

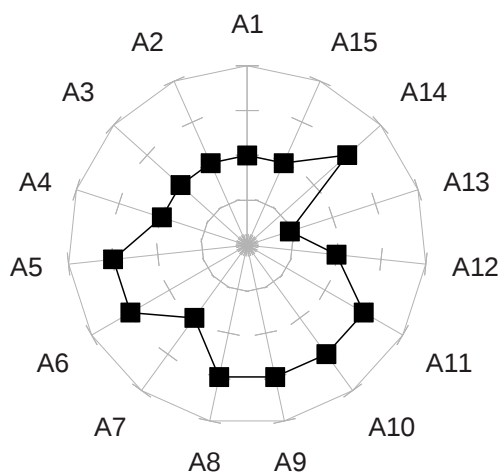


Tabla 5. Valores Resumen GrupLac

Figura 16. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación		✓	
	Afinidad temática		✓	
	Semillero		✓	
	Ambiente de Trabajo		✓	
2. Networking	Institucional			✓
	Nacional			✓
	Internacional		✓	
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento			✓
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos			✓
5. Participación Proyectos	Sector Externo			✓
	Internos			✓
	No financiados			✓
6. Formación	Estudiantes Pregrado			✓
	Estudiantes Maestría		✓	
	Estudiantes Doctorado	✓		
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales			✓
	Gremios, asociaciones internacionales		✓	

Figura 17. Resultados GI C, Vista modelo de Fortalecimiento

Grupo de Investigación categoría D

		Umbrales			Valor
Índice de nuevo conocimiento (NC)	0,48	6,49	0,07		0,77
Índice de nuevo conocimiento A (NCA)	0,2	4,83	0,04		0,72
Índice de formación (F)	0,56	1,88	0,3		0,88
Índice de divulgación (D)	7,8	10,8	0,25		0,37

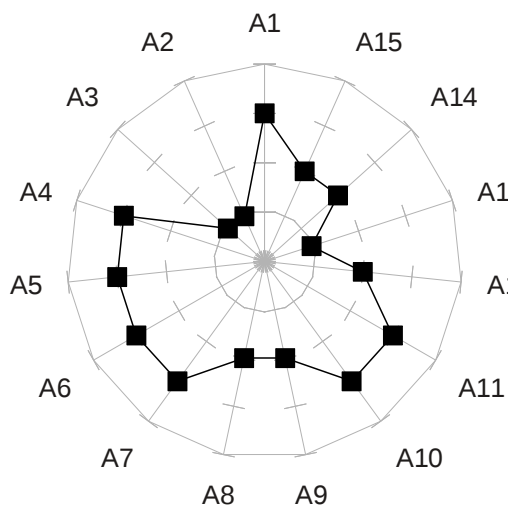


Tabla 6. Valores Resumen GrupLac

Figura 18. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación			✓
	Afinidad temática	✓		
	Semillero	✓		
	Ambiente de Trabajo			✓
2. Networking	Institucional			✓
	Nacional			✓
	Internacional			✓
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento		✓	
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos		✓	
5. Participación Proyectos	Sector Externo			✓
	Internos			✓
	No financiados			✓
6. Formación	Estudiantes Pre-grado			✓
	Estudiantes Maestría		✓	
	Estudiantes Doctorado	✓		
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales		✓	
	Gremios, asociaciones internacionales		✓	

Figura 19. Resultados GI D, Vista modelo de Fortalecimiento

Grupo de Investigación aún no categorizado Colciencias

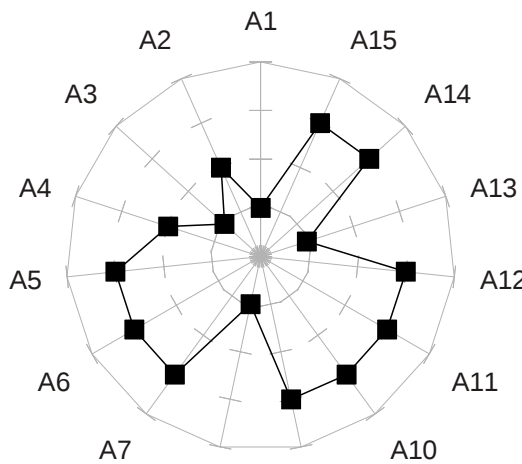


Figura 20. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación	✓		
	Afinidad temática		✓	
	Semillero	✓		
	Ambiente de Trabajo		✓	
2. Networking	Institucional			✓
	Nacional			✓
	Internacional			✓
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento	✓		
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos			✓
5. Participación Proyectos	Sector Externo			✓
	Internos			✓
	No financiados			✓
6. Formación	Estudiantes Pregrado			✓
	Estudiantes Maestría			✓
	Estudiantes Doctorado	✓		
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales			✓
	Gremios, asociaciones internacionales			✓

Figura 21. Resultados GI No Clasificado Colciencias, Vista modelo de Fortalecimiento

Grupo de Investigación aún no categorizado Colciencias

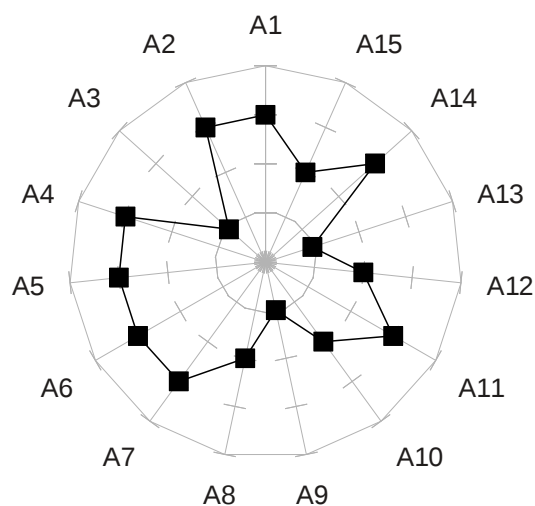


Figura 22. Nivel por Atributo del Modelo de Fortalecimiento

MODELO ENDOGENO DE FORTALECIMIENTO GI				
Elementos	Atributos	N1	N2	N3
1. Integrantes	Conformación	✓		
	Afinidad temática		✓	
	Semillero	✓		
	Ambiente de Trabajo		✓	
2. Networking	Institucional			✓
	Nacional			✓
	Internacional			✓
3. Planeación y Seguimiento	Planeación y Seguimiento	✓		
4. Infraestructura y recursos	Laboratorios-Equipos			✓
5. Participación Proyectos	Sector Externo			✓
	Internos			✓
	No financiados			✓
6. Formación	Estudiantes Pregrado			✓
	Estudiantes Maestría			✓
	Estudiantes Doctorado	✓		
7. Divulgación Presencia	Gremios, asociaciones nacionales			✓
	Gremios, asociaciones internacionales			✓

Figura 23. Resultados GI No Clasificado Colciencias, Vista modelo de Fortalecimiento

6.2. Revisión de Resultados

Los resultados obtenidos en el ejercicio de la aplicación del modelo de fortalecimiento muestra de manera general una uniformidad debida a la homogeneidad en las actividades desarrolladas en el ejercicio de la Investigación; unos GI hacen más énfasis en unas que en otras actividades, entendido por el interés que presenta el GI para madurar o fortalecerse en una dirección u otra. El ejercicio de aplicarse el modelo de fortalecimiento le permitirá determinar hacia donde y posiblemente con qué continuar en el camino a fortalecerse como GI. La figura 24 nos deja ver el comportamiento de un GI categorizado Colciencias de acuerdo a la aplicación del modelo de Fortalecimiento y la relación de ese comportamiento con el de los demás grupos de investigación.

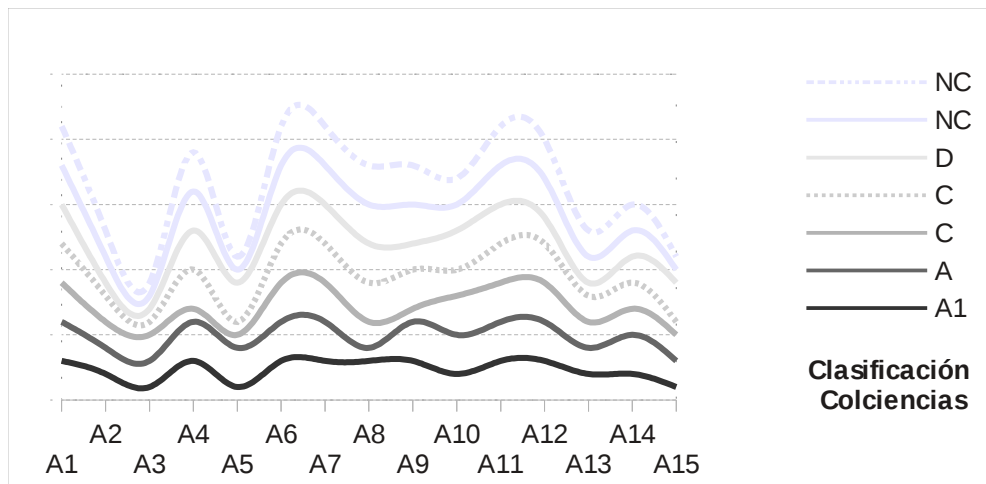


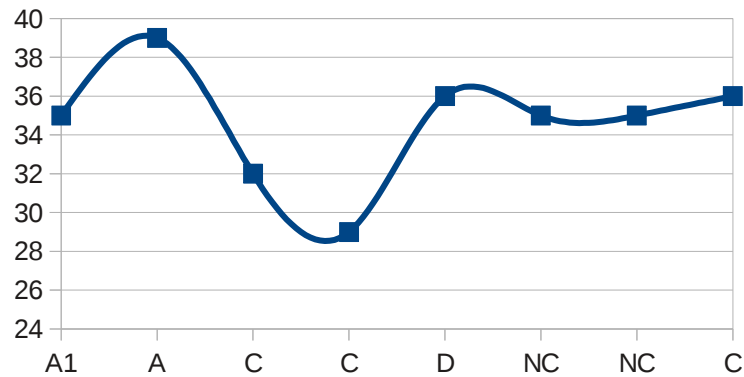
Figura 24. Comportamiento de Madurez de GI según Modelo de Fortalecimiento

En el atributo 3, 5, 10,13 los resultados muestran debilidad o escasez en todos los grupos. Los atributos 4, 6, 7, 12 y 14 muestran que los grupos cumplen de manera estándar con el ejercicio de las actividades allí involucradas.

Sin embargo por la linealidad de las curvas, aquellas más rectas son los grupos mejor clasificados por Colciencias; nuevamente, el GI decidirá hacia donde y con qué continuará en el ejercicio de su investigación estratégicamente hablando.

Podría plantearse a manera de conclusión, que un GI debe trabajar en aquellas actividades que den mejoría a los atributos que de acuerdo a la aplicación del modelo de fortalecimiento, presentan menores valores en su nivel de madurez (concavidades hacia arriba en la figura 24); de esta forma podría alcanzar una mejoría en linealidad en su curva que lo acercaría a tener una categoría Colciencias relativa y coherente, claro está si es el interés del GI.

Figura 25. Relación de orden en los GI de acuerdo a su Madurez según Modelo de Fortalecimiento



De acuerdo con la aplicación del modelo de madurez por GI se identifica en la figura 25 una secuencia ordenada por el valor que resulta de la suma de los niveles por atributo o madurez del GI por atributo; vemos que dicho ordenamiento se aparta sensiblemente de la alineación que la clasificación Colciencias entrega. Cobra importancia la idoneidad en la aplicación del modelo en los GI permitiendo de esta forma una vez cumplido el ejercicio estratégico planteado, tener un resultado equivalente con la categorización Colciencias.

6.3. Índice de Fortalecimiento vs Índice TRC

En sentido estricto, correlación entre dos variables tan solo significa que ambas variables comparten información, que comparten variabilidad. Determinar el origen de la información, la causa de la variabilidad es una cuestión que puede ser resuelta dependiendo del contexto en el que nos encontremos.

El coeficiente de correlación de Pearson [17][18][19], pensado para variables cuantitativas, es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas línealmente. El coeficiente de correlación de Pearson se define como R_{xy} tal que $0 \leq R_{xy} \leq 1$

Usar Pearson implica definir variables lineales a correlacionar. Cuando las variables aunque sean fuertemente relacionadas no lo son de forma lineal, no se conviene la correlación de Pearson. En este trabajo las dos variables a correlacionar con Pearson se definen como el *ÍndiceFORTA* o *índice de Fortalecimiento* calculado como la normalización de los resultados obtenidos por atributo en cada uno de los GI, y el *ÍndiceTRC* calculado con base en la tabla resumen de Colciencias, como la normalización del valor correspondiente a cada categoría de acuerdo a los pesos otorgados por atributo Colciencias.

ÍndiceFORTA = la suma de los valores entre 1 y3 de cada atributo / (3*15)

ÍndiceTRC = (NC*0,5)+ (NCA*0,35)+(F*0.1)+D*0,05)

Ver calculo en la tabla 7, por cada grupo de investigación en la muestra de nuestro estudio

	A1	A	C	C	D	NC	NC	C
INDfortalecimiento	0,7777777778	0,8666666667	0,7111111111	0,6444444444	0,8	0,7777777778	0,7777777778	0,8
INDtrc	0,9554519282	0,6643	0,3455	0,2848	0,0645	0	0	0,2159

Tabla 7. Valores lineales de variables a correlacionar por GI

En el diagrama de dispersión o nube de la figura 26, se observa la nube de puntos alargada, una cierta tendencia lineal positiva en la relación; es susceptible de aplicarse el coeficiente lineal de Pearson. El grosor de la nube da una cierta idea de la magnitud de la correlación; cuanto más estrecha menor será el margen de variación en Y para los valores de X, y por tanto, más acertado los pronósticos, lo que implica una mayor correlación. Si por el contrario la nube de puntos mostrara un comportamiento alargado y descendente nos encontraríamos con una correlación negativa. Si la nube de puntos hubiera adoptado una configuración más o menos redondeada de tal forma que no pueda especificarse ningún tipo de relación, nos habríamos encontrado con una correlación nula.

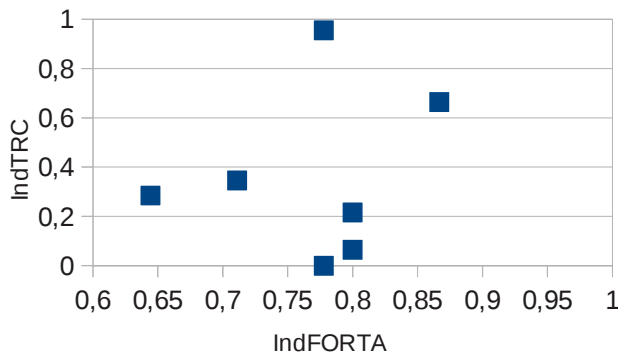


Figura 26. Tendencia lineal de la relación

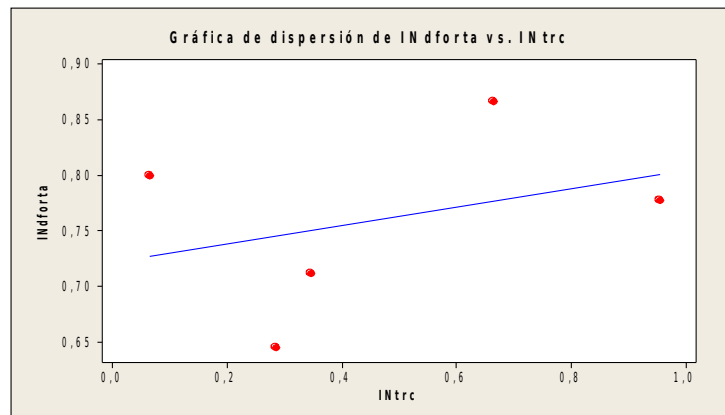


Figura 27. Aplicación Coeficiente de de Pearson - MinTAB

Valiéndonos de una herramienta informática, MinTAB, en la figura 27 vemos el resultado de la aplicación del algoritmo para la obtención del coeficiente de correlación de Pearson para las dos variables en este trabajo definidas, IndiFORTA e IndTRC. El valor que arroja es $r = 0,685$ este es un resultado

positivo.

La pregunta que sigue es qué tan fuertemente positivo es este coeficiente de Pearson? Una vez calculado el valor del coeficiente de correlación interesa determinar si tal valor obtenido muestra que las variables X e Y están relacionadas en realidad o tan solo presentan dicha relación como consecuencia del azar. Un coeficiente de correlación se dice que es significativo si se puede afirmar, con una cierta probabilidad, que es diferente de cero. Más estrictamente, en términos estadísticos, preguntarse por la significancia de un cierto coeficiente de correlación no es otra cosa que preguntarse por la probabilidad de que tal coeficiente proceda de una población cuyo valor sea de cero. La probabilidad arrojada en nuestro ejercicio en MiniTab para el coeficiente de 0,685 es **P = 0,315**

¿Qué significa un coeficiente de 0.685?. ¿Es alto o bajo?. No puede darse una respuesta precisa. Depende en gran parte de la naturaleza de la investigación. Por ejemplo, una correlación de 0.685 sería baja si se trata de la fiabilidad de la encuesta, pero es alta si estamos hablando de su validez. La significancia del coeficiente positivo depende en gran medida del tamaño de la muestra. Tenemos que involucrar el coeficiente de determinación para determinar cuanta responsabilidad se comparte entre las dos variables, es decir, la proporción de variabilidad compartida o explicada entre las dos variables.

*En términos del coeficiente de determinación = (0,685 * 0,685) = 0,469 = 46% podemos afirmar que entre el IndFORTA y IndTRC se comparte un 46% de variabilidad en el coeficiente.*

Si se toma la variable dependiente o a explicar como el IndTRC y la variable explicativa o predictora el IndFORTA, podemos decir que el IndFORTA da cuenta en un 46% de la variabilidad del IndTRC. Que el 46% de veces IndFORTA se hace equivalente a IndTRC y viceversa.

Queda un valor de $(1 - 0,469) = 0,5307$ de proporción de variabilidad no explicada o coeficiente de alienación. Debe entrarse a evaluar que otras variables explicativas podrían tomarse para aumentar la proporción explicada de la variabilidad del IndTRC o su coeficiente determinístico y así obtener más control de lo que nos interesa predecir.

6.4. Reagrupamiento de Niveles en el Modelo de Fortalecimiento

Los resultados obtenidos por algunos de los GI involucrados en la muestra de aplicación del modelo de madurez, pueden sugerir que el agrupamiento por nivel debe ser sometido a un siguiente análisis para determinar por qué situaciones como las que veremos en la gráfica siguiente.

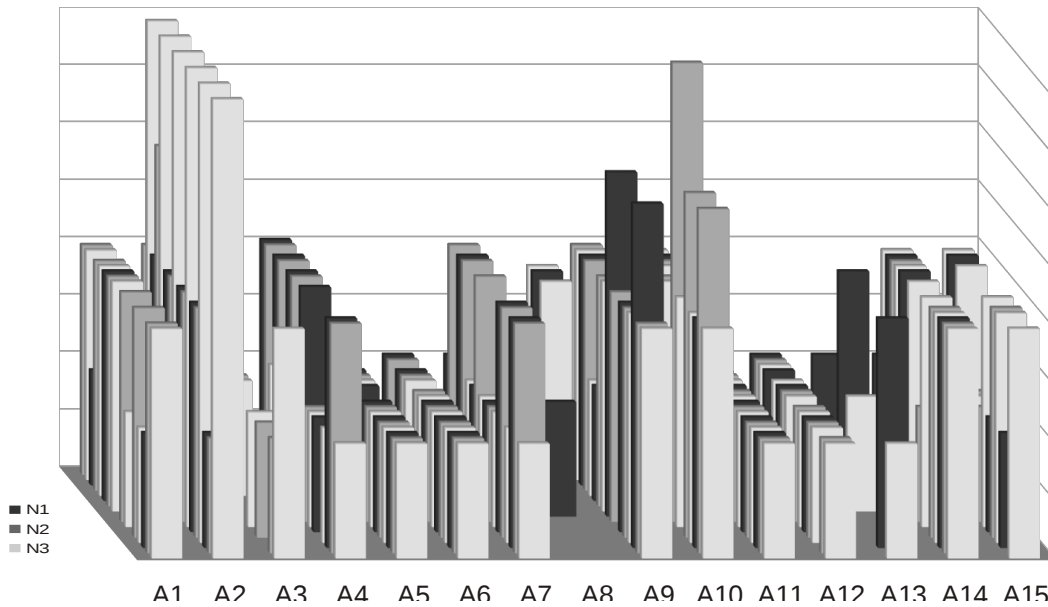


Figura 28. Resultado de nivel por atributo de acuerdo a la aplicación del modelo en una muestra de 6 GI

Alcanzamos a observar casos que se pueden estar presentando para algunos GI en los cuales para ciertas características de los niveles es más fácil alcanzar las de niveles superiores que la de los niveles inferiores. Caso los atributos A4 – Ambiente de Trabajo, A7 – Networking Internacional, A9 – Laboratorios y Equipos, A10 – Participación en Proyectos, A13 – formación Estudiantes Doctorado, A14 – Presencia Nacional, A15 – Presencia Internacional; donde aunque no se cumplen las características enumerados en el Nivel 1 en su totalidad - barras color gris claro, se tiene un cumplimiento en las características de los niveles 3 - barras de color negro y en aquellas de los niveles 2 - barras de color gris medio.

Conclusiones y Recomendaciones

El objetivo general de este trabajo era presentar una herramienta que permitiera identificar el estado actual del ejercicio de la investigación al interior de grupos de investigación. La herramienta propuesta nace en un modelo planteado inicialmente en una reconocida institución académica nacional; este modelo es inicialmente analizado e intuitivamente definida una correlación entre sus elementos constitutivos y los del modelo vigente de Colciencias a manera de soporte de fiabilidad ante la comunidad académica investigativa. El modelo que se propuso abarca variables caracterizadas al interior de los GI (de tipo endógeno) por eso la denominación de modelo de medición endógeno. El modelo intuitivo es sometido a un proceso de evaluación entre investigadores reconocidos en el medio aleatoriamente escogidos; para esta evaluación se usaron encuestas dispuestas en plataforma de acceso público. Se afina el modelo propuesto, nuevamente basados en las sugerencias recogidas con este primer proceso de encuestas. Investigadores reconocidos y que hacen parte constitutiva de diferentes GI, son solicitados para aplicar el modelo a su GI, usando igualmente una encuesta desplegada en plataforma de dominio público. Todo el proceso anterior nos permitió encontrar resultados de la aplicación del modelo de Fortalecimiento que fueron comparados con los resultados arrojados por el modelo Colciencias. El análisis de esos resultados usando el método particular de correlación de Pearson, genera un coeficiente de determinación del 46% entre las variables medidas en el modelo de Fortalecimiento y los elementos medidos con el modelo Colciencias, corroborando de cierta forma el impacto definido(intuitivo) bajo un proceso de juicio de expertos inicial entre los elementos de los modelos comparados.

El uso de herramientas de generación de encuestas fue el mecanismo escogido para hacer posible la disposición del modelo para su evaluación en el medio de los investigadores. Igualmente para el ejercicio de la aplicación del modelo para la evaluación del grupo de investigación correspondiente. Las respuestas en estos dos procesos de evaluación con objetivos diferentes, fueron importadas, y organizadas en herramientas tipo hojas electrónicas de tal manera que automáticamente se generaran gráficas estadísticas que nos permitieron evaluar y llegar a los resultados expuestos, en cuanto al modelo propuesto y al nivel de madurez de los grupos de investigación muestra de este trabajo de grado.

Los resultados de los análisis preliminares nos mostraron como mejorar el modelo base o inicial y que a la postre fue el modelo de fortalecimiento en el cual se sometieron a evaluación los GI de la muestra trabajada para hallar su nivel de madurez.

Aunque la muestra de estudio no fue mayor a 7 grupos de investigación se evidenciaron situaciones muy interesantes en los resultados obtenidos. Es así

como los grupos según Colciencias categoría C, según la evaluación con el modelo de Fortalecimiento, están con nivel de madurez entre ellos muy similar, pero menor que un grupo A ó un grupo A1 . Sin embargo situaciones como que un grupo D este con un nivel de madurez mayor de los grupos C, deja notar la posibilidad de entrar a estudiar otro tipo de variables o situaciones que estén determinando en el resultado final. También puede observarse que los grupos aún no clasificados por Colciencias podrían estar clasificados en categoría B o C

Los resultados obtenidos en la evaluación de los grupos de investigación bajo el modelo de Fortalecimiento nos permitió identificar una correlación “*real*”, no solo “*intuitiva*”, entre los elementos evaluados por Colciencias y el modelo propuesto. El modelo de Fortalecimiento refinado de acuerdo a los diferentes resultados, sera dispuesto a la comunidad académica, con el objetivo de servir como un modelo de apoyo a la labor investigativa con fines de fortalecimiento de Grupos de Investigación.

Como primer proceso de evaluación en este trabajo, se usó el juicio de los investigadores para conocer su percepción acerca del modelo propuesto. Métodos de medición estadísticos para corroborar la fiabilidad de un modelo, mostrando la correlación de sus variables, podrían utilizarse en una futura iteración de este trabajo, por ejemplo usar el coeficiente de fiabilidad Alfa de Cronbach [22]. Para el segundo proceso de evaluación, la aplicación del modelo en los GI, son múltiples las variables de tipo externo que pudieron impactar en la correlación estudiada, situación que se evidencia con el coeficiente de alienación o variabilidad no explicada que asciende al 54%; el agrupamiento en los niveles de madurez por atributo de elementos del modelo de Fortalecimiento, la idoneidad en la aplicación del modelo en el GI que se evalúa, otras variables endógenas no identificadas a ser incluidas, entre otras son posibles variables a continuar analizando. La manera o métodos usados al interior de los GI para el ejercicio de la investigación, es otro de los puntos a tener en cuenta para lograr determinar las buenas prácticas que estandaricen los procesos involucrados, Por tal motivo un GI debe trabajar en aquellas actividades que den mejoría a los atributos que de acuerdo a la aplicación del modelo de fortalecimiento, presentan menores valores en su nivel de madurez de esta forma podría reforzar su estructura interna, acercándose así a tener una mejor clasificación Colciencias relativa y coherente, claro está si es el interés del GI.

Por lo anteriormente mencionado, se sugiere la continuación de esta investigación y afinamiento de este modelo para alcanzar un diseño y construcción de un modelo de madurez mas fuerte que analice y entregue resultados con mayor nivel de certeza; poder tener más dominio de variables y seguramente la posibilidad de tener un número más representativo en la muestra de estudio y mayor tiempo para realizar la investigación, generará un mejor resultado lo que se traducirá en un mejor porcentaje de correlación.

Bibliografía

- [1] Rocha, Jesús Rey; Martín Sempere, María José; Sebastián, Jesus.: "Estructura y dinámica de los grupos de investigación", Arbor, Vol 184, No 732 (2008). doi:10.3989/arbor.2008.i732.219
- [2] Ley del Congreso de la Republica de Colomba. Ley 1286 del 23 de Enero de 2009.
- [3] COLCIENCIAS, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología 'Francisco José de Caldas'. Modelo de medición de Grupos de Investigación, Tecnológica o de Innovación Año 2008. Bogotá, D.C., Julio de 2008
- [4] COLCIENCIAS, Grupos de Investigación, fortalecimiento y consolidación. [En línea]. http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/grupos-de-investigaci-n-fortalecimiento-y-consolidaci-n [Consulta: Diciembre de 2011]
- [5] RAMIREZ, Diana Cristina. RODRIGUEZ, Sandra Lorena. DOMINGUEZ, Oscar Fernando. Criterios para el direccionamiento estratégico en grupos de investigación a partir de indicadores endógenos. Grupo de Investigación y Desarrollo en Gestión Productividad y Competitividad, BioGestión. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá D.C.
- [6] PRAT, Ana María. Módulo de capacitación para la recolección y el análisis de indicadores de producto de las actividades de ciencia, tecnología e innovación en países de América Latina y el Caribe. Proyecto "Fortalecimiento del sistema de información sobre la red interamericana de ciencia, tecnología e innovación". BID. Working Paper 7.
- [7] COLCIENCIAS. Modelo de Medición de Grupos de Investigación, Tecnológica o de Innovación. Subdirección de Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico. Liliana Castro Vargas. Octubre de 2008
- [8] J. Johnes. G. Johnes. "Research funding and performance in U.K. University Departments of Economics: A frontier analysis". Economics of Education Review. Vol. 14. 1995. pp. 301-314.
- [9] P. Korhonen. R. Tainio. J. Wallenius. "Value efficiency analysis of academic research". European Journal of Operational Research. Vol. 130. 2001. pp. 121-132. T. L.
- [10] J. Guan. J. Wang. "Evaluation and interpretation of Thousand Oaks: Sage.

g2006 knowledge production efficiency". *Scientometrics*. Vol. 59.2004. pp. 131-155

[11] W. Arenas. J. Soto. O. Rivera. "La evaluación de los grupos de investigación según Colciencias versus su evaluación según el Análisis Envolvente de Datos". *Scientia et Technica*. Vol. 10. 2004. pp. 184-194.

[12] M.I. Restrepo. J.G. Villegas. "Análisis Envolvente de Datos: introducción y herramienta pública para su utilización en el ámbito universitario". Documento documento de trabajo.2006.

[13] T. R. R. Sexton. H. Silkman. A. J. Hogan. "Data envelopment analysis: Critique and extensions". *New Directions for Program Evaluation*. Vol. 32. 1986. pp. 73-105

[14] P. Andersen. N.C. Petersen. "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis". *Management Science*. Vol. 39. 1993. pp. 1261-1264

[15] A.M. Torgersen. F.R. Førsund. S.A.C. Kittelsen. "Slackadjusted efficiency measures and ranking of efficient units". *Journal of Productivity Analysis*. Vol. 7. 1996. pp. 379-398

[16] BARRADO, C., Indicadores externos e indicadores internos., Universitat Politècnica de Catalunya, CRUE_TIC, 2004.

[17] D. Visbal. "Evaluación de la eficiencia relativa en el uso de recursos de las universidades públicas colombianas mediante la metodología Data Envelopment Analysis". *CLAIO 2006, Programa extendido con Resúmenes*. Montevideo: Héctor Cancela y María E. Urquhart. 2006. Vol. 1. p. 77.

[18] Coeficiente de Correlación Lineal de Pearson. Personal.us.es/vararey/adatos2/correlación.pdf

[19] Fernandez, Pita. Diaz, Pertega. Relación entre variables cuantitativas. http://www.fisterra.com/mbe/investiga/var_cuantitativas/var_cuantitativas2.pdf

[20] Caracterización de las Publicaciones en Ciencia de la Computación. Mauricio Marín. Research Latin America, y Universidad de Santiago de Chile. mmarin@diinf.usach.cl; Andrea Rodríguez. Centro de Investigación de la Web, y Universidad de Concepción, Chile. andrea@inf.udec.cl

[21] Garzón-García, Belén; Martín-Sempere, María José; Rey-Rocha, Jesús. UNPB. Digital.CSIC – 2006-01. <http://hdl.handle.net/10261/2995>

[22] es.wikipedia.org/wiki/Alfa_de_Conbach