

# Procesos y metodología dentro del Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica

Processes and methodologies within the research Group in Biomedical Engineering

Laura Viviana Galvis Carreño<sup>1</sup>, Irene Lizeth Manotas<sup>1</sup>,  
Fabián Cardozo Ojeda<sup>1</sup>, Henry Arguello Fuentes<sup>2</sup>

## RESUMEN

Las actividades de desarrollo de trabajos de maestría, formación de estudiantes de pregrado en proyectos investigativos y la integración de ambos tipos de estudiantes pregrado y posgrado, son hoy en día de vital importancia para el crecimiento de los grupos de investigación. En este artículo, se realiza la descripción de la metodología de investigación y de los procesos académicos que se llevan a cabo dentro del Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GIIB) asociado a la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander (UIS); se realiza una especial descripción de las actividades y mecanismos de participación que involucran a los estudiantes, así como de los profesores y sus respectivas funciones dentro del mismo. Además, se sintetizan los resultados académicos alcanzados durante el tiempo de funcionamiento del grupo de investigación. El presente artículo permite ser utilizado por otros grupos e investigadores del área como marco de referencia.

## Palabras clave

Metodología de Investigación, Grupo de Investigación, Proyecto de Investigación, Ingeniería de Sistemas, Investigación en Pregrado.

## ABSTRACT

The development activities of master works, training of undergraduates in research projects and integration of both undergraduate and graduate students, are now vital to the growth of research groups. In this paper, we make the description of the methodology of research and academic processes carried out within the Research Group in Biomedical Engineering (GIIB) associated with the School of Systems Engineering from the Universidad Industrial de Santander (UIS); it makes a special description of the activities and mechanisms of participation that involve students and teachers and their functions within the research group. In addition, we summarize the academic performance achieved during the operating time of the research group. This article can be used by other groups and researchers in the field as a framework to reference.

## Keywords

Research Methodology, Research Group, Research Project, Systems Engineering, Undergraduate Research.

## INTRODUCCIÓN

Hacer investigación para muchos puede ser un aparente conjunto de actividades aleatorias, donde se observan cosas, se obtienen algunas conclusiones y se escriben en un papel, pero es muchísimo más que eso, implica un conjunto de actividades ordenadas, que tienen inherente una filosofía, una forma de pensar y un enfoque. De acuerdo a la disciplina en que se realice dicha investigación, existe un paradigma que es la base que sustenta las demás actividades, y no sólo eso, también implica una sistematización de procesos desde la gestión de recursos para realizar un proyecto, pasando por metodologías y productos donde se evidencia el fruto del trabajo disciplinado.

Los frutos inequívocos de lo mencionado anteriormente son evidentes. En Colombia en la última década se ha venido presentando un aumento no trivial en la investigación, generación de conocimiento y la cultura de inversión en proyectos. Según (Ordóñez-Matamoros & Cozzens, 2009) dicho aumento radica en las mejoras del rendimiento de Colombia en Ciencia y Tecnología, donde la colaboración científica internacional (escritura de artículos entre científicos locales y extranjeros) ha venido afectando la habilidad de equipos de investigación para producir resultados bibliográficos y contribuir al conocimiento local.

Esto se demuestra, según (Ordóñez-Matamoros & Cozzens, 2009), porque en el 2001 se publicaron 1728 artículos en 126 revistas colombianas y en 2007 fueron 5000 artículos en 222 revistas. Visto de otra manera, en 1990 se publicaron 0.6 artículos por cada 100.000 habitantes y en 2006 esta cifra aumentó a 2.6. Y de otra forma más, en 1995 se publicaron 1.5 artículos por cada 1'000.000 dólares gastados en investigación y desarrollo y esta cifra aumentó en el 2006 a 4.5 artículos. En cuanto a patentes, tomado como una capacidad tecnológica, en el 2001 hubo 65 patentes y en el 2007 esta cifra aumentó a 141. Esto se contrasta con el hecho que en los años 70's y 80's dependió más del conocimiento producido por fuera del país (científicos de afuera tomaban más a Colombia como su unidad de análisis que los mismos científicos locales), mientras que en los 90's empezó a ser auto-suficiente mostrando una tendencia evolutiva rápida. Las razones por las que se presume sucedió esto son dos: primero, la profesionalización vista como la formación de grupos de investigación soportados por el gobierno e instituciones élite; y segundo, por la internacionalización de su comunidad científica especialmente desde los 90's después de la apertura de la economía al comercio exterior.

Además, en cuanto a los investigadores colombianos afiliados a algún grupo de investigación, en 1995 habían menos de 5000, en el 2002 habían más de 12000, en el 2005 cerca de 20000 y según el último reporte del Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología (OCyT) (OCyT, 2009) en 2008 habían más de 24000 investigadores donde cerca de 14983 se encontraban activos, y mientras que, el número de artículos publicados por Colombianos solos es más bien pequeño, los publicados en colaboración con extranjeros es mayor y está incrementando rápidamente.

Lo anterior hace eco en el hecho de que dicho crecimiento parte de que, se están utilizando métodos en los diferentes contextos de investigación propios, sin embargo, lleva a la necesidad de compartir dichos métodos para que el crecimiento mostrado anteriormente se mantenga y/o aumente, y que los grupos de investigación que están naciendo, tengan una gestión del conocimiento en cuanto al cómo hacer investigación.

En primera instancia, dicha gestión es una base para cualquier disciplina en la que se hace investigación, es decir, entrar en un entorno de investigación en grupo donde se realizan diversas actividades; además, conocer quién será el director del trabajo que se desea realizar, que mantiene el símil de un entrenador que extrae todo el talento de un potencial investigador; y por supuesto, concretar el nivel del trabajo a realizar, a saber, pregrado, maestría o doctorado. Además, no es sólo la gestión lo que se resalta, pues de ser así se correría el riesgo de no tener productos concretos en una disciplina específica. Es allí donde un enfoque tiene lugar. Por ejemplo, en el área computacional y de matemática aplicada se hablan de lenguajes del conocimiento (algoritmos y ecuaciones) que hacen específico la forma de representar, procesar y mostrar el conocimiento.

Es por eso que en este artículo se describe una metodología, un conjunto sistematizado de pasos basado en un enfoque aplicado a las disciplinas de computación y matemática aplicada, utilizada en el Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GIIB), adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander, mostrando los pasos desde gestionar el escenario indispensable para investigar, incluyendo la elaboración del plan y su ejecución.

## Grupo de investigación en Ingeniería Biomédica – GIIB

El Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GIIB) es un grupo de investigación que nació en el año 2001 con el objetivo fue el de crear

<sup>1</sup> MSc(c) Ingeniería de Sistemas e Informática, Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica, Escuela de Ingeniería Sistemas e Informática, LP 338, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia. Correos electrónicos: laravivis@gmail.com, irenelizeth@gmail.com, fabiancardozo@gmail.com.

<sup>2</sup> PhD(c) Electrical and Computer Engineering - University of Delaware - 140 Evans Hall Newark, DE 19716. Máster en Potencia Eléctrica, Universidad Industrial de Santander; Profesor Asistente, Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica, Escuela de Ingeniería Sistemas e Informática, Bucaramanga - Colombia. e-mail: henarfu@uis.edu.co



un espacio en el cual investigadores, profesores y estudiantes tuvieran la oportunidad de realizar investigaciones interdisciplinarias que involucran la ingeniería de Sistemas y la Salud. Desde su nacimiento como grupo de investigación, se ha destacado por la excelente labor desempeñada por su director de ese entonces, el profesor e Ingeniero Alfonso Mendoza Castellanos, y por los estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander.

Gracias a la labor que año tras año se ha desarrollado en el grupo, con la coordinación del profesor Alfonso Mendoza y la ayuda principalmente del codirector, el magíster y candidato a doctor, señor Henry Arguello Fuentes, junto con la colaboración de otros profesores vinculados, el grupo GILB ha conseguido mantener su clasificación activa ante Colciencias. Además, se han desarrollado desde entonces diferentes líneas de investigación que buscan la participación con calidad de los estudiantes de pregrado y posgrado de la universidad, las cuales permiten el crecimiento del grupo de investigación, de sus integrantes, de la Escuela y en general de su entorno.

El grupo GILB y sus integrantes, busca cada día el mejoramiento no sólo interno, como grupo de investigación, sino el mejoramiento a través de sus procesos y actividades de la escuela a la cual pertenece y encamina sus actividades a brindar a los estudiantes una puerta abierta de investigación, búsqueda del conocimiento y la innovación, para de esta manera contribuir en la formación de mejores profesionales e investigadores. Es por esta razón que el grupo se interesa no sólo en la construcción de conocimiento, sino también, en la evaluación y evolución de sus prácticas, con el objetivo de lograr un mayor impacto en la sociedad.

### Gestionar la investigación

Al iniciar un proyecto de investigación, deben tenerse en cuenta ciertas actividades previas que permitirán gestionar la investigación, éstas van desde hacer parte de un grupo de investigación hasta participar de semilleros que guíen actividades previas para la búsqueda de los temas afines y de interés que permitan enfocar el proceso de investigación. Estas actividades le permiten al estudiante enfocarse en una línea de investigación, guiada por un grupo y liderada por personas con la experiencia necesaria para convertirse en los supervisores de su trabajo. En el grupo de investigación en Ingeniería Biomédica (GILB) se han determinado las siguientes actividades para gestionar la investigación:

### Ingresar a un Grupo de Investigación

La inclusión a la investigación de los estudiantes de pregrado es un reto actual que están viviendo las universidades a nivel nacional e internacional (Ash Merkel, 2002). Esta labor ayuda a que los estudiantes de pregrado se interesen por los programas de posgrado como maestrías y doctorados, al mismo tiempo que los incentiva a tener una mejor formación como investigadores. A nivel internacional, profesores de programas como el de Ciencias de la computación, como en la Academia de la Fuerza Área de los Estados Unidos United States Air Force Academy, se han enfocado en incluir una experiencia en investigación en los cursos de pregrado y han creado una metodología para ello con el fin de cumplir este objetivo (Hadfield & Schweitzer, 2009).

En la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander, una de las principales elecciones que un estudiante de pregrado o maestría debe hacer para empezar o continuar con su trabajo de investigación es elegir un semillero de investigación. Un semillero de investigación está conformado por un grupo de estudiantes de pregrado y maestría, los cuales realizan labores de investigación en un área específica. Los estudiantes de pregrado están orientados por los estudiantes de maestría quienes son los que los guían en la elección de un tema de investigación, al mismo tiempo que comparten sus metodologías de trabajo.

En el GILB aquellos estudiantes que desean ser parte del equipo de investigación generalmente deben comenzar siendo parte de un semillero de investigación. La principal idea de pertenecer al semillero para los estudiantes de pregrado, es enfocarlos en las tareas investigativas: Leer artículos, estudiar bases teóricas, realizar prácticas sobre los temas leídos, resolver dudas, etc., al mismo tiempo ayudarlos a buscar el tema de proyecto de grado con el cual éstos estudiantes puedan conseguir su título como ingenieros y con el cual puedan dar un primer paso en el ambiente investigativo al escribir un artículo sobre la investigación elaborada. Para los estudiantes de maestría el enfoque es más el de compartir sus experiencias con los estudiantes de pregrado, como se verá en el siguiente apartado. Esta actividad es muy importante para los estudiantes de maestría debido a que les ayuda a desarrollar su liderazgo, reforzar los conceptos manejados dentro cada uno de los temas manejados para poder dar una mejor orientación y a construir nuevos temas que refuercen sus trabajos como maestros.

### Escoger un director

Para un estudiante interesado en la investigación, tener la guía y supervisión de un director es fundamental para llevar a cabo su proceso. El director puede verse como la persona experta en cierta área y/o como un líder que ha adquirido la experiencia en el campo tanto de aplicación como de investigación necesaria para acompañar en el proceso a otros.

La selección del director es entonces fundamental y dentro del grupo de investigación GILB puede darse de dos formas, en la primera, existe una línea de investigación identificada con ciertos involucrados – múltiples tipos de actores que pueden realizar diversas funciones (Fragidis, Mavridis, Vontas, Koumpis, & Tarabanis, 2008) – por ejemplo, organizaciones como universidades y centros de investigación, investigadores, soportes de financiamiento, soportes de infraestructura, consumidores e industrias interesadas, esta línea de investigación puede ser un semillero, y, una vez se han identificado las competencias necesarias para llevar a cabo un proyecto, se selecciona el estudiante que ha demostrado tener las cualidades necesarias para ejecutar un proyecto dentro de la línea; en la segunda, un estudiante ha identificado alguna necesidad en determinada área y de acuerdo a la misma busca un supervisor acorde que pueda brindarle el apoyo durante el desarrollo de su proyecto.

En ambos casos, el supervisor guía el proceso de investigación revisando los diferentes avances que se van logrando, revisando los documentos necesarios que deben pasarse a la Escuela de Ingeniería de Sistemas (plan de proyecto y libro) como requisito para aprobar proyecto de grado y terminar satisfactoriamente la carrera.

### Participar en un semillero de investigación

Uno de los requisitos para ingresar al Grupo de Investigación GILB es el de pertenecer a un semillero de estudiantes. Este semillero está conformado por uno o dos estudiantes de maestría, quienes actúan como los líderes y por dos o más estudiantes de pregrado, quienes en este caso son los semilleros. Los estudiantes de maestría de un semillero, están encargados de dirigir al grupo de estudiantes y compartir con ellos lo que se ha vivido o experimentado durante su trabajo como estudiantes investigadores con el objetivo de orientar a los de pregrado en la formulación y desarrollo de sus proyectos de investigación. El grupo GILB se caracteriza por estar conformado por diferentes líneas de investigación, entre las

que se encuentran: Tratamiento Digital de Señales e Inteligencia Artificial, Ingeniería Biomédica, Ingeniería del Software, supercomputación y Dispositivos Móviles y Telecomunicaciones, la figura 1 muestra la participación de semilleros por cada una de las líneas de investigación.



Figura 1. Participación de semilleros por Línea de Investigación.

Ya habiendo sido realizada la gestión para la realización del proyecto de investigación, se empieza el desarrollo del mismo, basado en una metodología, descrita a continuación.

### MÉTODO

Una metodología de investigación permite llevar a cabo el proceso de investigación de manera ordenada y exitosa y es común que algunos investigadores no hacen explícita su propia metodología aunque realmente la tengan presente a medida que realizan sus diferentes estudios y vayan mejorándola según su experiencia.

Dentro del Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GILB) se llevan a cabo actividades de investigación que han permitido describir el proceso de una forma general destacando la realización de dos grandes procesos: El primero, relacionado con el *Diseño y creación de la propuesta de investigación*, y el segundo, enfocado a la *Ejecución o Desarrollo de la propuesta de investigación*. A continuación se describen en detalle las actividades que componen cada uno de estos procesos, los cuales se han llevado a cabo por los estudiantes del grupo de investigación y en la figura 2 se muestra un diagrama de esta metodología de forma resumida.



Es relevante mencionar que esta metodología es aplicada por los estudiantes de maestría y aunque también se aplica en pregrado, es un poco más flexible y el nivel de exigencia es menor.

Es de importancia notar que a pesar de que se describirá una metodología de investigación general, el grupo GIIB se especializa en resolver problemas de Ingeniería de Sistemas y Computación, luego en cada una de las fases se verá que la metodología es aplicada y extendida de acuerdo a dicha disciplina.

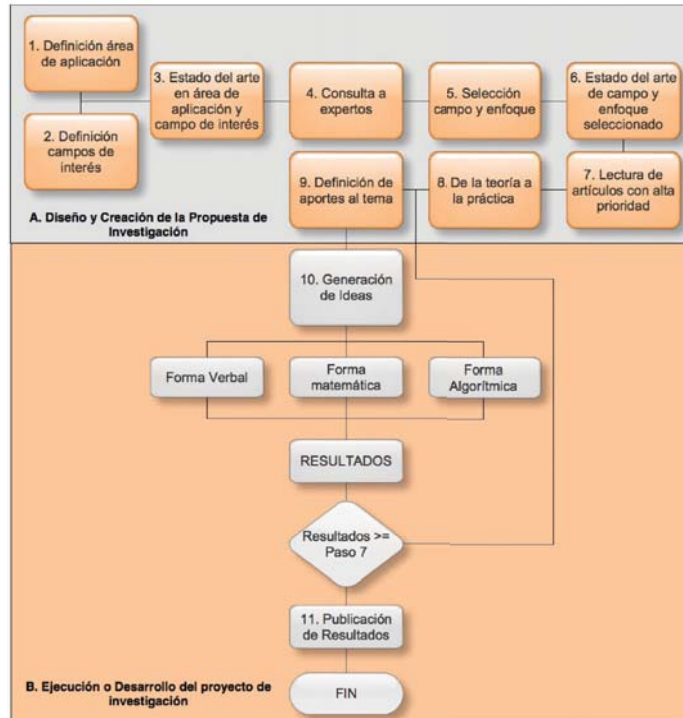


Figura 2. Diagrama resumen de la Metodología de investigación del GIIB.

#### Diseño y creación de la propuesta de investigación

En esta primera fase el producto asociado es un plan de proyecto de investigación que es evaluado por dos calificadores relacionados con el área de investigación asignados por el consejo de la

maestría y que es sustentado públicamente. Al ser aprobado, el estudiante pasa a ser candidato a máster y empieza a ejecutar su proyecto de investigación. Para los estudiantes de pregrado el plan de proyecto es igualmente asignado a dos calificadores y son ellos quienes aprueban el inicio o no de su ejecución. Los pasos necesarios entonces para el diseño y creación de la propuesta son:

#### 1. Definición de área de aplicación del trabajo de investigación

El área de aplicación es aquella para la que se desarrolla el proyecto, generalmente solucionando un problema, cubriendo una necesidad u optimizando algún proceso, puede o no ser la misma en la que se desarrolla el estudiante y generalmente es asociada al interés del investigador, en este punto debe tenerse en cuenta que será fundamental contar con el apoyo suficiente para abordar el tema de forma apropiada y más de darse el caso de trabajar en un campo diferente.

En este punto se identifican aquellas áreas con las que se tiene afinidad, que serán base para realizar el estado del arte posterior. De esta forma, en este primer paso se define para quién se realiza el proyecto.

#### 2. Definición de campos de interés en los que se desempeña y quiere trabajar el investigador

Ya teniendo definido el campo de aplicación, dentro del campo de desempeño, existen diferentes tipos de enfoques que pueden ser aplicados para solucionar un problema en el área seleccionada, nuevamente esta definición de enfoque está asociada al interés del investigador y es posible que ya se cuente con la experiencia que permitirá llevar a cabo el proceso de investigación.

Los enfoques se tendrán en cuenta en la revisión bibliográfica, en búsqueda de definir exactamente el cómo se solucionará el problema de investigación planteado.

#### 3. Búsqueda de trabajos y estado del arte inicial tanto en el área de aplicación como en los campos de interés, esto con el fin de conocer que se ha trabajado y hasta donde han llegado otros investigadores en el mundo

Se empieza una revisión inicial de la literatura que permitirá conocer las falencias y aportes que se han dado en las áreas de aplicación y con los enfoques de interés. Generalmente se buscará apoyar aquellas áreas que han sido menos trabajadas, en las que el aporte tendrá una mayor importancia.

#### 4. Consulta a expertos en los temas para obtener más información que ayude a la definición del aporte de la investigación, esta consulta puede realizarse tantas veces como sea necesario durante todo el proceso

Esta consulta a expertos permite responder las dudas que no se lograron responder durante la

revisión del estado del arte y además se contará con una opinión experta que permitirá la selección del campo de aplicación y el enfoque a través del cual se desarrollará el proyecto.

#### 5. Selección del campo y/o el área de interés y el enfoque adecuado para realizar la investigación, este punto depende de la información recolectada anteriormente

La revisión realizada previamente conllevará a la selección del área de aplicación y el enfoque que permitirá dar solución al problema que posteriormente se plantee. La revisión literaria en este punto se filtra y se tiene una visión un poco más definida de lo que puede llegar a ser el proyecto de investigación.

A partir de este punto y hasta lograr la definición de aportes al tema (planteamiento del problema), este proceso se desarrolla a manera de ciclo, realimentándose cada vez hasta encontrar los límites de la investigación (borde del conocimiento).

#### 6. Búsqueda y revisión de estado del arte para el área específica que se ha seleccionado en el punto anterior. El momento en que se decide pasar a la siguiente actividad es cuando se puede definir el aporte a la investigación conociendo lo que ya se ha trabajado en el área a nivel nacional e internacional

Para realizar un proyecto de calidad una de las primeras etapas, y quizás la más importante, es la búsqueda y revisión del estado del arte específica. Esta actividad le permite al investigador conocer en qué estado se encuentra su área de interés y le permite conocer en dónde es posible aportar nuevo conocimiento a la comunidad científica.

Dentro de la metodología empleada por el GIIB, la búsqueda y revisión del estado del arte puede realizarse al mismo tiempo que se revisa el marco teórico. Esta actividad se desarrolla como una actividad iterativa que termina una vez el estudiante ha encontrado lo que se denomina *Borde de Conocimiento*, o en otras palabras, la parte donde éste puede aportar conocimiento en el área. Para cada iteración pueden escogerse un total de 10 artículos. A continuación se describe el proceso iterativo que termina una vez el estudiante ha encontrado un promedio de 100 artículos.

- Leer de manera rápida el resumen y conclusiones de los artículos seleccionados.
- Identificar el aporte de cada artículo si lo tiene. Si es un artículo de revisión se eligen las referencias más relevantes para tenerlas en cuenta en la próxima iteración.



- Filtrar y priorizar los artículos para su posterior lectura completa.
- Realizar un mapa que guíe la clasificación de artículos hasta ese momento.
- Desglosar los temas, trabajos y técnicas encontrados en un modelo (mapa conceptual). Este modelo debe realimentarse hasta encontrar el borde del conocimiento, de lo contrario se vuelve al paso i., y así se completa una iteración.

### 7. Lectura completa de los artículos con prioridad alta del modelo

La revisión de los artículos escogidos como prioridad alta da al estudiante una visión más clara del proceso realizado por los autores y al mismo tiempo le ayuda a conocer las técnicas empleadas para alcanzar los resultados obtenidos. Una vez el estudiante hace una revisión de estos artículos va adquiriendo mayor conocimiento sobre el campo de investigación, y le da la base científica y formal para lograr un aporte.

### 8. De la teoría a la práctica

De la teoría a la práctica es otra de las actividades importantes dentro de la metodología de investigación empleada en el grupo. Esta parte sugiere que el estudiante elija varios artículos para implementarlos, es decir, realizar el proceso descrito por los autores y obtener los mismos resultados publicados por éstos. Esta actividad le permite al estudiante comprobar las bases teóricas expuestas y adquirir experiencia en su campo. Esta actividad, al igual que la anterior, puede realizarse en paralelo con la actividad iterativa de búsqueda y revisión del estado del arte.

### 9. Definición de aportes al tema (planteamiento del problema, pregunta de investigación e hipótesis)

Una vez encontrado el *Borde de Conocimiento* y realizadas las actividades de lectura completa de artículos y de la teoría a la práctica explicados anteriormente, se puede iniciar el proceso de definición de los aportes de la investigación a realizar de acuerdo a los pasos ya desarrollados. En este momento es cuando se identifican elementos faltantes en la literatura, que llevan a hacerse una pregunta (tal vez varias) que permitan resolver esos elementos faltantes. A dicha pregunta se le llama pregunta de investigación. Esta pregun-

ta debe expresar una hipótesis que se convertirá en el principal objetivo del plan de investigación, es decir, aplicar cierta técnica y/o proceso teórico o práctico para alcanzar un resultado específico. En (Skulmoski, Hartman, & Krahn, 2007), por ejemplo, se definen una serie de pasos a seguir para desarrollar el planteamiento del problema y formular la pregunta de investigación con ayuda del director de proyecto.

### Ejecución o Desarrollo del proyecto de investigación

Ejecutar el proyecto significa dar forma a ideas sueltas o hipótesis generadas a partir de la revisión de la literatura científica, al llegar al borde del conocimiento y teniendo filtrados los artículos más relevantes sobre un tema específico. Dicho borde incluye las hipótesis y resultados mostrados en diferentes lenguajes, a saber, el verbal, el matemático, el algorítmico y el gráfico. Las ideas generadas entonces resultan de modificar tales hipótesis utilizando los mismos lenguajes y haciendo posible su evaluación.

### 10. Basado en el estado del arte y marco teórico generar ideas (sobre cómo mejorar las investigaciones ya realizadas y generar realmente un aporte al campo)

#### a. Escribir ideas en forma verbal

La hipótesis escrita en forma verbal es la manera más sencilla de escribir la idea. Es decir, significa redactar una idea basada en vacíos encontrados en la literatura, luego debe contener los elementos de las ideas anteriores para así, rellenar dicho vacío. A "vacío" puede referirse a que las hipótesis de la literatura no tienen un consenso dentro de la comunidad científica en el área de estudio como una teoría aceptada, o los resultados obtenidos no se realizaron para todos los casos posibles o que en ninguna parte de la literatura se han llegado a resultados satisfactorios.

#### b. Escribir ideas en forma matemática (ecuaciones).

Para que en la comunidad científica sea aceptada la idea, debe escribirse en un lenguaje más formal, a saber, el lenguaje matemático. Escribir la nueva hipótesis o idea en este lenguaje significa, basado en las teorías o leyes aceptadas dentro del área estudiada, modificar las ecuaciones presentadas en la literatura más reciente en armonía con la idea verbal descrita anteriormente. Cabe mencionar que las teorías o leyes aceptadas están dentro de diferentes enfoques donde se intenta resolver el problema de diferentes maneras,

por ejemplo, un caso muy común es representar la idea como un proceso estocástico, o por otro lado, determinístico, donde el enfoque se determina de acuerdo a las suposiciones definidas.

#### c. Escribir la idea de manera computacional (algoritmos).

En el área en que se desarrolla el grupo de investigación, la potencialidad de lograr discretizar los modelos matemáticos que normalmente están descritos de manera continua, hace que sea posible obtener la hipótesis en un lenguaje computable, esto es, un algoritmo. Así en este paso se traducen las ecuaciones matemáticas – bajo ciertas suposiciones – en algoritmos de tal forma que la hipótesis pueda ser probada por simulación en un computador.

#### d. Desarrollo de simulaciones

Al final, es necesario, basado estrictamente en métodos descritos en la literatura, probar la idea escrita computacionalmente, esto como una de las principales actividades expuestas en (Loui, 1996) y que buscan explicar los fenómenos observados computacionalmente, de tal manera que se puedan diseñar experimentos donde las suposiciones, análisis de sensibilidad, comportamientos y datos utilizados sean comparables con los encontrados en la literatura. Dentro de los pasos más comúnmente utilizados están definir:

- El parámetro a variar del modelo planteado.
- El número de simulaciones.
- Los datos a utilizar para experimentar.
- Los parámetros que no varían.
- Las métricas para evaluar la idea simulada.

### 11. Si los resultados son iguales o mejores a los artículos finales seleccionados y leídos en 7, se publica el trabajo, sino se pasa al ítem 9 y en extremo al 6. De acuerdo al trabajo realizado hasta este punto y enfocado en la idea generada y los resultados obtenidos, para la publicación del trabajo se crea un esquema de artículo de la siguiente manera:

- Presentar por qué se hace la investigación.
- Presentar resumen corto del estado del arte.
- Presentar la idea de las tres maneras descri-

tas (verbal, matemática y computacionalmente).

- Mostrar resultados de la nueva idea comparados con los resultados de otros investigadores.

De esta forma concluye la metodología y se presentan a la comunidad científica dentro del área en estudio, los resultados de la investigación.

## RESULTADOS

El enfoque de este artículo ha sido describir la gestión y la metodología de investigación adoptada por el Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica (GIB) con el objetivo de presentar los procesos y actividades que llevan a cabo los investigadores y estudiantes que conforman el grupo y, con los cuales, se ha logrado mantener como un Grupo de Investigación destacado en la Universidad Industrial de Santander (UIS) y clasificado en categoría B ante COLCIENCIAS.

Durante el tiempo en el que se ha adoptado dicha metodología y actividades de gestión, estudiantes de pre-grado que alguna vez pertenecieron a semilleros de investigación, han conseguido sus títulos como ingenieros de Sistemas, y algunos de ellos se han presentado al programa de Maestría para continuar con sus proyectos de investigación. Por otro lado, los líderes de aquellos semilleros, quienes ya estaban cursando su estudios de postgrado en una maestría, hoy están terminando sus estudios en el grupo de investigación GIB y aquellos ya están a punto de graduarse, están organizando los documentos requeridos para presentarse a un programa de doctorado tanto nacional como en el exterior.

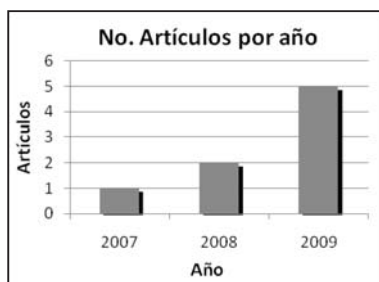
Además, cinco de los estudiantes de maestría este año pudieron realizar una pasantía de investigación en la Universidad de Delaware - Estados Unidos -, donde se pudo conocer profesores reconocidos a nivel internacional, tener nuevas experiencias en investigación, crear relaciones y averiguar el proceso de aplicación para los programas de doctorado. Uno de los logros más importantes obtenidos por los estudiantes que participaron en la pasantía de investigación fue el apoyo ofrecido por parte del director de la pasantía a través de la adquisición de una carta de recomendación, la cual les servirá para su proceso de aplicación al programa de doctorado, o a través del ofrecimiento de una beca de sostenimiento y matrícula para los estudios de doctorado en la Universidad de Delaware.



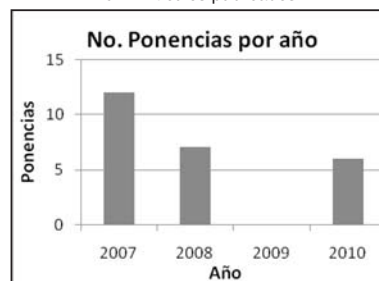
Por último, cabe destacar que uno de los mejores indicadores de investigación es la publicación de artículos donde se plasman las ideas y trabajos de investigación desarrollados, junto con los resultados obtenidos. La publicación de artículos se ha convertido en un requisito para todos los integrantes del grupo, es así como a través de las estrategias logísticas y de investigación implementadas durante los últimos años, se ha conseguido incrementar la publicación de artículos, así como

la participación activa de más estudiantes de la carrera de Ingeniería de Sistemas en el grupo de investigación GILB.

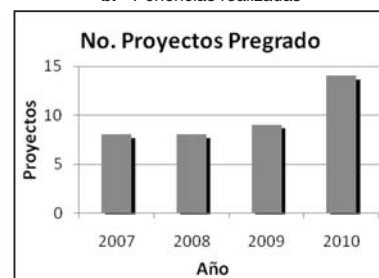
En la figura 3, se pueden observar diferentes indicadores relacionados con la producción del grupo GILB, tales como artículos publicados por año (a), proyectos de grado dirigidos (b), ponencias (c), proyectos de maestría dirigidos (d), aplicaciones software registradas (e) y producción por líneas de investigación (f).



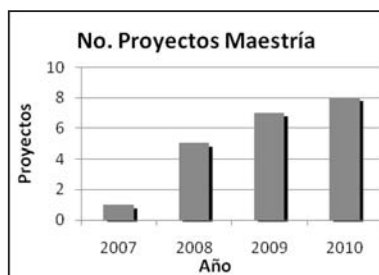
a. Artículos publicados



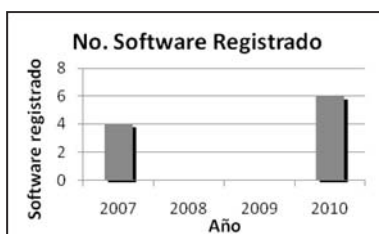
b. Ponencias realizadas



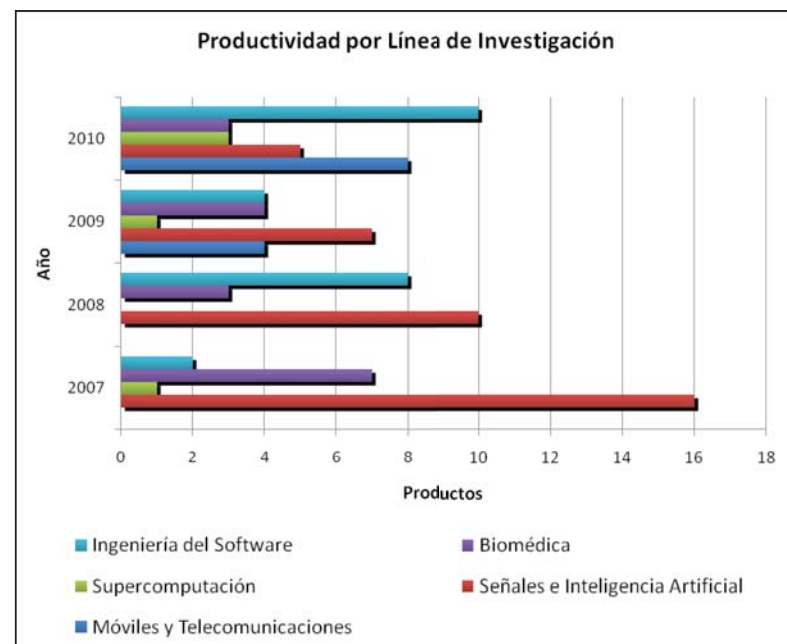
c. Proyectos de pregrado dirigidos



d. Proyectos de maestría dirigidos



e. Aplicaciones Software Registrado



f. Producción por líneas de investigación

Figura 3. Índices de productividad – Grupo de Investigación GILB.

## DISCUSIÓN

Se ha descrito la metodología que sigue el Grupo de Investigación de Ingeniería Biomédica y que ha permitido guiar el proceso investigativo a través de los últimos cuatro años, ésta se ha venido adaptando a la forma como dentro del GILB se llevan a cabo las diferentes actividades y teniendo en cuenta la experiencia de los directores, líderes y supervisores que han trabajado en conjunto para proporcionar las pautas de estudio y trabajo al interior del grupo.

Una metodología de investigación, basada en un paradigma y expandida en una serie de pasos con objetivos y productos hace posible la generación de conocimiento y su divulgación formal dentro de una comunidad. En el caso del GILB, los resultados obtenidos durante el tiempo que se ha enfocado la metodología propuesta han

sido satisfactorios y han permitido que el Grupo de Investigación de Ingeniería Biomédica (GILB) hoy sea reconocido ante la comunidad científica, que tenga líderes investigadores estudiando doctorado fuera del país y que tenga gran número de estudiantes de pregrado y maestría trabajando en investigación.

Adicionalmente, la adopción de una metodología para el proceso de investigación al interior del grupo, ha permitido, entre otras cosas, la organización del grupo, una mejor orientación para los estudiantes de pregrado y posgrado, y de los trabajos de investigación en proceso de desarrollo. Por otro lado, se puede observar que las líneas de investigación definidas por el grupo han logrado mantenerse a través de los años, consiguiendo este último año un crecimiento casi en paralelo de la producción intelectual de cada una de éstas. Cabe aclarar que la línea de investigación en dispositivos móviles y telecomunicaciones nació

a finales del año 2008 y es por esto que su productividad sólo se ve reflejada desde el año 2009 (ver Figura 3. Parte f. Producción por líneas de investigación).

Los resultados de producción presentados demuestran la labor realizada dentro del grupo y los esfuerzos de todo un conjunto de personas para asesorar y encaminar estudiantes desde el pregrado en la investigación.

## Diseño y desarrollo de un prototipo Web con el apoyo de la tecnología WAP, para la comercialización de productos orgánicos de los campesinos de la Sierra Nevada de Santa Marta

Design and development of a prototype web with WAP technology support for marketing of organic products from farmers in the *Sierra Nevada de Santa Marta*

Rodolfo Rodríguez Cadena<sup>1</sup>

### RESUMEN

El propósito de la presente investigación es el diseño y desarrollo de un prototipo en la Web adaptando la tecnología WAP como TICS, para apoyar las comunidades de la reserva natural Toribio en la Sierra Nevada de Santa Marta. El propósito de la plataforma WAP es ofrecer la oportunidad de comercializar los productos orgánicos a una región de difícil acceso utilizando la telefonía móvil. La tecnología WAP se creó con el objetivo de dotar a los dispositivos móviles de servicios avanzados de telefonía y datos, dando la oportunidad de servir de plataforma abierta de comunicaciones para el desarrollo de aplicaciones en lenguajes de programación como WML y JAVA, para que pudieran ser utilizadas por usuarios desde terminales móviles, adaptándola a las restricciones de los entornos inalámbricos.

### Palabras clave

Servidor WAP, WML, productos orgánicos, comercio justo, TIC's.

### ABSTRACT

The purpose of this research is the design and development of a prototype on the Web and WAP technology adapting ICT to support communities Toribio nature reserve in the Sierra Nevada de Santa Marta. The purpose of the WAP platform is to offer the opportunity to market organic products to a region difficult to access using mobile phones. WAP technology was created with the aim of providing mobile devices for advanced telephony services and data, giving the opportunity to provide open communication platform for application development programming languages such as WML and Java, so they could be used by users from mobile devices, adapting to the constraints of wireless environments.

### Keywords

Server WAP, WML, organic products, Fair Trade, ICT.

### REFERENCIAS

- Ash Merkel, C. (2002). *Undergraduate Research at six Research Universities*.
- Fragidis, G., Mavridis, A., Vontas, A., Koumpis, A., & Tarabanis, K. (2008). A proposed conceptual framework for the study of research ecosystems. *Digital Ecosystems and Technologies*, (págs. 71-76).
- Hadfield, & Schweitzer. (2009). Building an undergraduate computer science research experience. *Frontiers in Education Conference*, (págs. 1-6).
- Loui, M. C. (1996). *Strategic Directions in Research in Theory of Computing*. ACM Computing Surveys.
- Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología. Mayor información disponible en: <http://ocyt.org.co/html/>.
- OCyT. (2009). *Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia 2009*.
- Ordóñez-Matamoros, G., & Cozzens, S. E. (2009). International Co-Authorship and Research Team Performance in Colombia. *Atlanta Conference on Science and Innovation Policy*, (págs. 1-9).
- Skulmoski, G. J., Hartman, F. T., & Krahn, J. (2007). The delphi method for graduate research. *Journal of information technology education*, 6, 1.

<sup>1</sup>Ingeniero de sistemas, especialista en servicios telemáticos e interconexión de redes de la Universidad Manuela Beltrán. Coordinador área de informática e Investigador del Grupo Entorno económico y empresarial del Caribe de la Escuela de Empresas. Universidad Sergio Arboleda seccional-Santa Marta. Correo electrónico: rodolfo.rodriguez@usa.edu.co