

METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARES

Miguel A. Aroca, Johann F. Osma¹

CMUA. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de los Andes, Colombia.

56

En el siguiente trabajo tres metodologías para el desarrollo de grupos multidisciplinares son abordadas. Cada metodología presente claras ventajas y desventajas, pero todas en su conjunto buscan explorar el gran reto de cómo construir y mantener un grupo multidisciplinar. Estas metodologías se basan en el liderazgo, la promoción de la interacción interdisciplinar o el conocimiento como motor de impulso e integración. Al mismo tiempo cada una establece las prioridades que hay que resolver para proyectar una metodología que permita a académicos jóvenes y experimentados constituir mejores redes y grupos multidisciplinares.

Palabras-clave: grupos multidisciplinares; estrategia de investigación; innovación en investigación

1 INTRODUCCIÓN

La visión y trabajo multidisciplinario de investigación y desarrollo sustentada en la colaboración de conocimiento como una fuente de competitividad y respuesta a las complejas exigencias del mundo moderno, es un fenómeno que a la fecha se ha extendido a los distintos campos de la sociedad, de la ciencia y la tecnología, ejemplo de ello son los nuevos enfoques de trabajo dentro de las organizaciones contemporáneas (Siedlok, Hibbert, & Sillince, 2015), los estudios para la inclusión de los mercados laborales en la sociedad (Suerdem & Oztaysi, 2015), las investigaciones y aplicación del conocimiento en las ciencias de la salud (Domaracka, Grygiel, Méry, Bouffard, & Cassimi, 2015), la recuperación, integración y comprensión de materiales excavados dentro de la investigación arqueológica (Innes, 2015), en el desarrollo de nuevas tecnologías en las ramas de la ingeniería, como por ejemplo, la Ingeniería biomédica (Villa & Urgiles, 2012), en los estudios nanotecnológicos de predicción de riesgos ambientales (Bottero et al., 2015), entre otras disciplinas.

Sin embargo, al momento de construir un grupo multidisciplinario para hacer trabajo de investigación y desarrollo surgen cuatro aspectos que causan inconvenientes (Jing Zhang et al., 2011). En primer lugar, el ambiente académico, debido a que profesores jóvenes se enfrenta a la presión de producir una serie de publicaciones de calidad dentro de un corto período de tiempo y esto induce a evitar involucrarse en proyectos interdisciplinarios que normalmente se ejecutan a largo plazo antes de que los datos se pueden presentar en forma de una publicación (Jing Zhang et al., 2011). El segundo reto se relaciona con las dificultades metodológicas de la colaboración interdisciplinaria (Jing Zhang et al., 2011). Un tercer reto para la investigación en colaboración es la dificultad para manejar un equipo de investigadores de distintas disciplinas

¹ E-mail: ma.aroca@uniandes.edu.co; jf.osma43@uniandes.edu.co Recibido em 25.10.2015 – Publicado em 10.12.2015

(Jin Zi-qi, Jiang Hua, & Wang Xiao-hong, 2011),(Jing Zhang et al., 2011). Y por último, la falta de mecanismos prescritos para la gestión de los procesos utilizados para realizar la investigación en un ambiente académico, tales como la composición, el mantenimiento y la renovación (Jing Zhang et al., 2011). Esto conlleva a la pregunta ¿Cómo creamos, y más importante cómo sostenemos, los equipos de investigación de múltiples disciplinas?

En esta investigación se presentan tres enfoques de distintos autores para la conformación de grupos multidisciplinarios de investigación y desarrollo y dar respuesta a este interrogante; el enfoque de los autores M. L. Disis and J. T. Slattery (Disis & Slattery, 2010); el enfoque de los autores Jin Zi-qi, Jiang Hua, and Wang Xiao-hong (Jin Zi-qi et al., 2011); y el enfoque de la línea de investigación Biomicrosistemas del grupo CMUA (Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes).



2 METODOLOGÍAS

2.1 EL LIDERAZGO COMPARTIDO COMO BASE DE DESARROLLO

El enfoque propuesto por M. L. Disis y J. T. Slattery (Disis & Slattery, 2010) orientados a la Salud Humana y al fenómeno denominado Investigación Traslacional, busca que toda investigación y avance científico sea traducido a la intervención y tratamientos clínicos mediante el trabajo conjunto de las distintas gamas de las disciplinas, especialidades, expertos y educadores; y de esta manera, hacer frente a los problemas de salud que están plagando nuestra sociedad; por ejemplo, la resolución de la epidemia de obesidad, que requiere la interacción de investigadores que estudian el metabolismo de los lípidos, la genética y el crecimiento celular; endocrinólogos, pediatras, internistas, cirujanos, fisiólogos del ejercicio, nutricionistas, investigadores del comportamiento, psicólogos y economistas.

Este enfoque expone que los equipos de investigación multidisciplinarios exitosos requieren, primero, liderazgo transformacional capaz de desarrollar una visión compartida dentro del equipo y mantenerlo a través del tiempo. En este aspecto el autor propone que el líder debe ser motivador, moderador, mentor y con la capacidad de conectar grupos dispares. Para ello el líder debe sacrificar los propios intereses, controlar los individuos dominantes, asegurarse de que todos los miembros se reconozcan y garantizar que los proyectos y los recursos se ajustan a los intereses y las prioridades del equipo. Aquí la importancia del papel de mentor del líder del equipo inicial no puede ser subestimada, aunque cabe resaltar, que durante el proceso de pensamiento conectivo, todos los miembros pueden llegar a tener un papel como líder del grupo en algún momento a medida que se desarrollan nuevos proyectos con enfoque cambiante, esto significa que el flujo bidireccional de la investigación multidisciplinaria, exige un liderazgo compartido; por lo tanto las organizaciones necesitan identificar a sus líderes transformacionales y fomentar el desarrollo del equipo multidisciplinario con su ayuda.

Como segundo aspecto se debe entrar a analizar la infraestructura, ésta debe ser valorada y compartida por todos los miembros del equipo. Para ello se debe evitar gastar un valioso capital

en un recurso que sirve sólo a una fracción de las personas que trabajan en un problema particular dentro del grupo, y por el contrario buscar una solución que abarque muchas áreas. Una de esas soluciones propuestas por el autor es que otros líderes en varios departamentos pueden contribuir al desarrollo de este recurso, lo que minimiza los costos del grupo; todo esto sin olvidar el desarrollo de espacios compartidos y fondos institucionales para facilitar el desarrollo del equipo.

Y por último, el autor propone como el elemento final para el éxito multidisciplinario, el aprendizaje y el reconocimiento de que la estructura dinámica de un equipo, en sí mismo, requiere de un trabajo permanente, es decir, la existencia de una comunicación fácil basada en la educación de colaboración y respeto que permita el desacuerdo constructivo; para ello se debe mejorar la intimidad en equipo y la confianza; la educación debe ser el común denominador y no los títulos académicos, por lo tanto deben existir espacios de dispersión donde los lazos de amistad sean fortalecidos y donde se pueda aprender más unos de otros y donde cada individuo sea el alumno y el profesor, de esta manera en el rol de estudiante se sale de los egos de la experiencia, y en el papel de docente se mejora la confianza y las habilidades de liderazgo de los otros miembros.

2.2 LA INTERACCIÓN MULTIDISCIPLINAR COMO BASE DE DESARROLLO

Por otro lado la perspectiva de innovación de conocimientos estáticos y dinámicos propuesto por Jin Zi-qi y su equipo (Jin Zi-qi et al., 2011), establece mecanismo interno para la generación de nuevo conocimiento interdisciplinar desde la perspectiva de la innovación del conocimiento.

Este enfoque parte de la existencia de tres dimensiones fundamentales del conocimiento interdisciplinario; en primera instancia el conocimiento propio de cada disciplina, basado en la selección y empleo adecuado de los conocimientos disciplinarios de cada miembro del grupo; segundo, avance investigativo a través de la integración, que muestra el grado de articulación de los conocimientos de distintas disciplinas y su comprensión por parte del grupo; y tercero, la conciencia crítica, la cual permitirá ver el claro sentido del propósito de la investigación mediante la autocrítica.

Los autores proponen que para lograr una verdadera innovación del conocimiento de la investigación interdisciplinaria, estas tres dimensiones deben ser tratadas mediante la visión estática y dinámica de la ciencia, es decir mediante la combinación de una visión sistematizada y de saberes relativamente permanentes, con una visión de autodescubrimiento que permite la construcción de nuevos conocimientos.

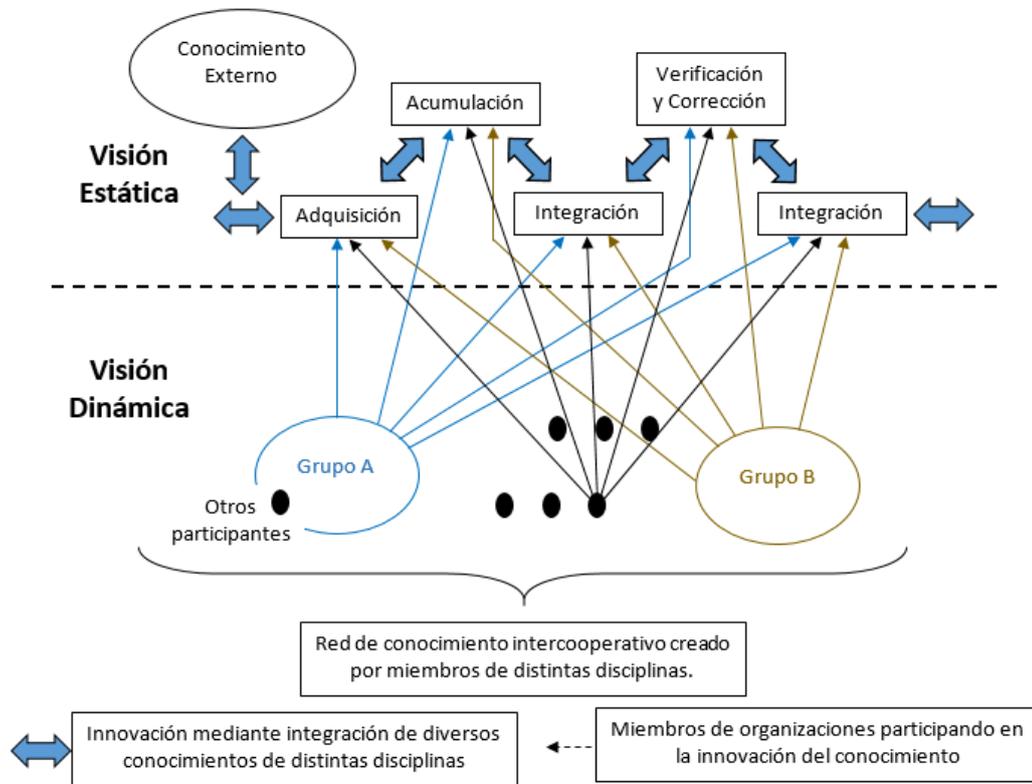
En la visión estática se establece un procedimiento basado en cinco etapas para la innovación del conocimiento. La primera etapa es la adquisición del conocimiento, donde los miembros del grupo multidisciplinario tienen que detectar y definir los problemas en el proceso de las actividades de investigación de acuerdo con los objetivos interdisciplinarios de innovación del conocimiento de la organización. La segunda etapa es la acumulación de conocimientos, que se debe dar a través del aprendizaje continuo, esto garantiza un cúmulo de conocimiento

relevante para la próxima etapa de la innovación. La tercera etapa propuesta es la integración de conocimientos, esta se da mediante el uso de métodos interdisciplinarios o transformación recíproca de conocimiento explícito y conocimiento tácito, donde el primero son los conocimientos que pueden ser estructurados, almacenados y distribuidos, como expresiones matemáticas, especificaciones, procedimientos, etc. Y el segundo, los conocimientos que forman parte de nuestro modelo mental como fruto de nuestra experiencia personal, entre ellas, las creencias, valores, puntos de vista, intuición, etc. Para ello se debe seguir un proceso de socialización que permita la relación de conocimiento tácito a tácito, luego un proceso de exteriorización donde haya conversión de conocimiento tácito a explícito, más adelante un proceso de asociación o relación de conocimiento explícito a explícito, y por último un proceso de interiorización que permita la conversión de conocimiento explícito a tácito, para nuevamente repetir el proceso, teniendo en cuenta que cada vez que damos una vuelta a este ciclo creamos nuevo conocimiento y por ende un incrementando del mismo (Nonaka & Takeuchi, 1995). La cuarta etapa es la verificación y corrección del conocimiento, donde los investigadores deben revisar y corregir los nuevos conocimientos adquiridos mediante la innovación razonable. Y la última etapa es la transmisión del conocimiento, que garantiza la integración profunda del mismo.

Por otro lado la visión dinámica agregará a todo este proceso, diferentes enfoques, estilos cognitivos, métodos y soluciones, gracias a la interacción heterogénea de las distintas disciplinas, las cuales permiten una continua transmisión, intersección, deconstrucción, integración, reconstrucción y enlace del conocimiento y aún de los métodos aplicados. En la figura 1 se muestra la relación de estas dos visiones en la innovación del conocimiento.



Figura 1: Innovación del conocimiento basado en la visión estática y dinámica, modificado de (Jin Zi-qi et al., 2011).



En la Figura 1 se aprecia que aunque existe una previa estructura propia da la visión estática, la interacción entre las distintas disciplinas generan una reestructuración del conocimiento.

2.3 EL CONOCIMIENTO COMO BASE DE DESARROLLO

Por último, la línea de investigación Biomicrosistemas, línea multidisciplinaria del grupo de investigación CMUA (Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes), enfocada principalmente al monitoreo medio ambiental, detección de compuestos peligrosos, tecnología para la defensa, tecnología para el sector aeroespacial y desarrollo de equipos, mediante el diseño y fabricación, por técnicas nanotecnológicas, de microsistemas, sensores y biosensores (Universidad de los Andes, 2015). Ha creado un esquema de trabajo basado en tres rutas con sus respectivas interacciones que permite la puesta en marcha de equipos de investigación de múltiples disciplinas como de su sostenimiento.

La primera ruta, Investigación del estado del arte, está compuesta por los estudiantes e investigadores que desean seguir una carrera científica completa, son los encargados de descubrir e inventar, de tomar riesgos fuertes; esto conlleva a una alta probabilidad de fallar, 70% de sus desarrollos no van a resolver el problema que se estudia. Esta ruta cuenta con un alto riesgo y un desarrollo a largo plazo, pero una alta remuneración si la investigación se traduce correctamente.

En la segunda ruta, Desarrollo de equipos y tecnología, se encuentran los estudiantes e investigadores interesados en el desarrollo de equipos nuevos y especializados, o planos específicos que facilitan el trabajo de las personas que participan en la primera ruta. Esto significa un cúmulo de herramientas y equipos que ayudarán a los investigadores a centrarse en sus objetivos y no en objetivos secundarios. Este camino comprende un riesgo medio y un desarrollo a medio plazo, y de la misma manera una remuneración moderada en caso de explotación.

Y la tercera ruta, Aplicación industrial y mercado, está prevista para que los nuevos desarrollos y tecnologías sean puestos en el mundo real, la industria o se conviertan en una nueva idea de emprendimiento. Estas personas trabajan por que cada invención o tecnología producida sea transformada en un producto atractivo para la industria. En este proceso, las personas tienen que leer y entender las necesidades del sector industrial y transformar las invenciones en algo sólido, tangible y, por supuesto, vendible.

Estas rutas no están enfocadas o limitadas a la profesión del candidato sino a sus intereses investigativos, por lo que el estudiante o investigador para poder unirse a alguna de estos caminos, deberá primero, identificar el camino que se desea seguir; segundo, preguntar por la formación adecuada; y tercero, identificar el proyecto en el que se está interesado.

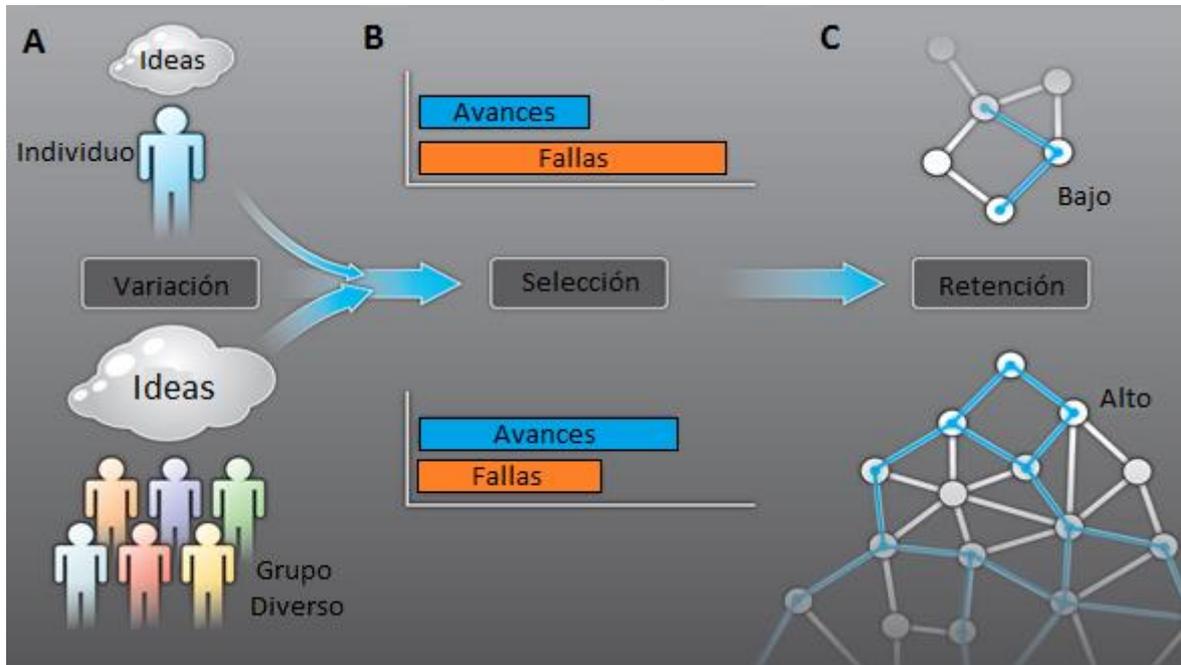
La línea de investigación Biomicrosistemas ha identificado aquellas cosas que saben cómo hacer. Ese saber hacer ha sido transcrito a una mesa en la que cada persona en el equipo cuenta con un nivel de formación en cada técnica conocida. Por lo tanto, si alguien tiene que utilizar una determinada técnica, deberá entrenarse con la persona que tenga esa formación, independiente de su origen, edad, tiempo en el equipo, etc. Y su único compromiso ante el grupo es que una vez entrenado, deberá entrenar a otros. En ese sentido, incluso el líder puede tener que pedir permiso y supervisión de utilizar ciertas técnicas si no está plenamente capacitado. Este modelo genera un dinamismo constante entre las distintas disciplinas del grupo y sus rutas.

Para resolver un problema real, los miembros de la línea de investigación deben escuchar y analizar las necesidades del usuario, conformar grupos interdisciplinarios, el líder encausa las soluciones propuestas a alguna área específica, por ejemplo, medio ambiente, comunicaciones, biotecnología, defensa, etc. Los grupos consolidan su propuesta y por último, se hace una retroalimentación y se selecciona la mejor solución.

3 RESULTADOS

La conformación de grupos multidisciplinarios para trabajos de investigación y desarrollo representa variedad de beneficios como, mayor rapidez de innovación (Jin Zi-qi et al., 2011), esto se evidencia gracias a los estudios propuestos por David Campbell en la teoría de la evolución de la creatividad citado por M. L. Disis and J. T. Slattery (Disis & Slattery, 2010), la cual define tres fases clave de la innovación; la primera fase, la variación; La segunda fase, la selección; y la tercera fase, la retención, (Fig. 2).

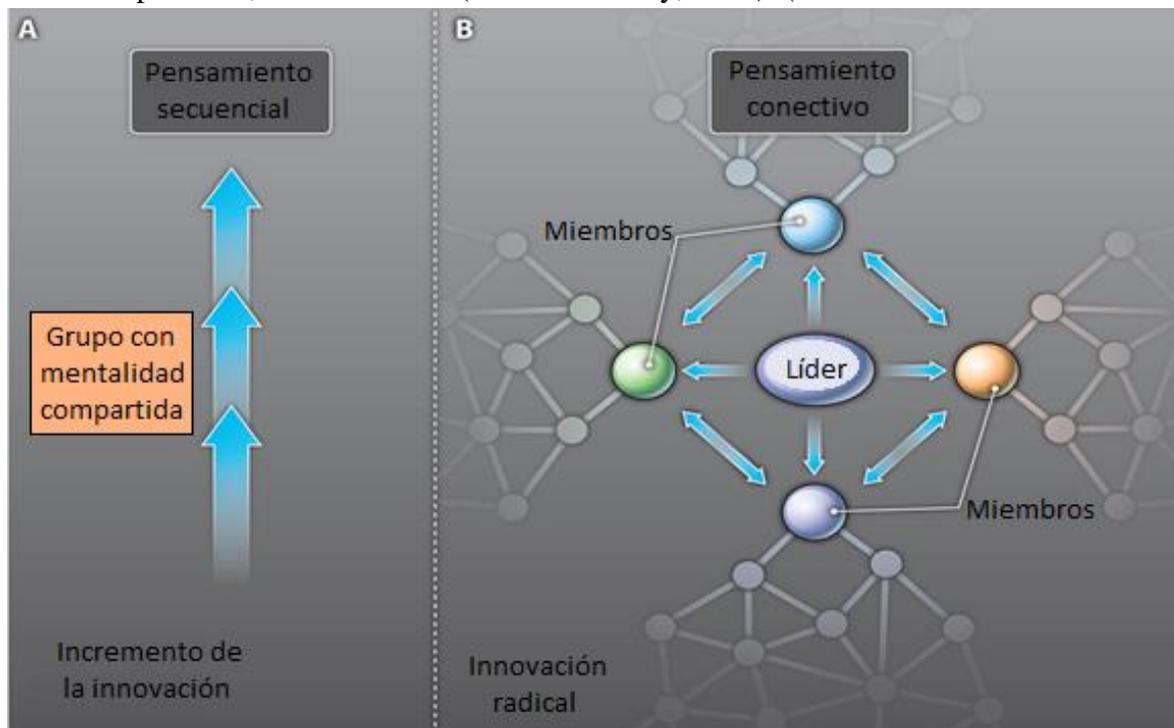
Figura 2: El efecto de la investigación del equipo en las fases de la innovación, modificado de (Disis & Slattery, 2010).



En la Figura 2, los equipos aumentan la innovación (A) durante la fase de variación debido a que más ideas se generan por el equipo que por un individuo. La revisión del equipo de los descubrimientos potenciales (B) optimiza el avance y limita los fracasos en comparación con la evaluación de un individuo de sus propias ideas sin los aportes de otros. Las redes asociadas con cada miembro del equipo (C) transmiten a mayor velocidad la idea dentro de la comunidad, lo que resulta en una alta retención del descubrimiento.

Un segundo beneficio es la probabilidad doble de que se citen las patentes desarrolladas por los grupos multidisciplinarios que las desarrolladas por los investigadores individuales, dado que estudios por parte de investigadores empresariales (Disis & Slattery, 2010) demuestran que las patentes de los equipos son 28% más propensas a estar en el percentil 95 que las patentes citadas por parte de los investigadores individuales; Por otra parte, las patentes de los equipos son 22% menos propensas a no tener citas en comparación con los inventos de los investigadores individuales (Disis & Slattery, 2010). Un tercer beneficio es el sostenimiento propio de la innovación, dado que los equipos compuestos por individuos con antecedentes y educación similar son más propensos a desarrollar una mentalidad compartida que se traduce en un pensamiento secuencial o poco imaginativo, mientras que las conexiones entre ideas muy diferentes de los miembros de un grupo multidisciplinario generan dinamismo lo que conlleva a innovaciones radicales (Fig. 3).

Figura 3: Las diferencias en el pensamiento creativo entre los equipos homogéneos y multidisciplinares, modificado de (Disis & Slattery, 2010).



De acuerdo con la Figura 3, los equipos con una mentalidad compartida (A) piensan de forma secuencial lo que da lugar a soluciones estándares. Por otro lado, los equipos multidisciplinares (B) desarrollan ideas enriquecidas con una red propia de cada miembro lo que permite aprender nuevo material de comunicación y establecer nuevas conexiones.

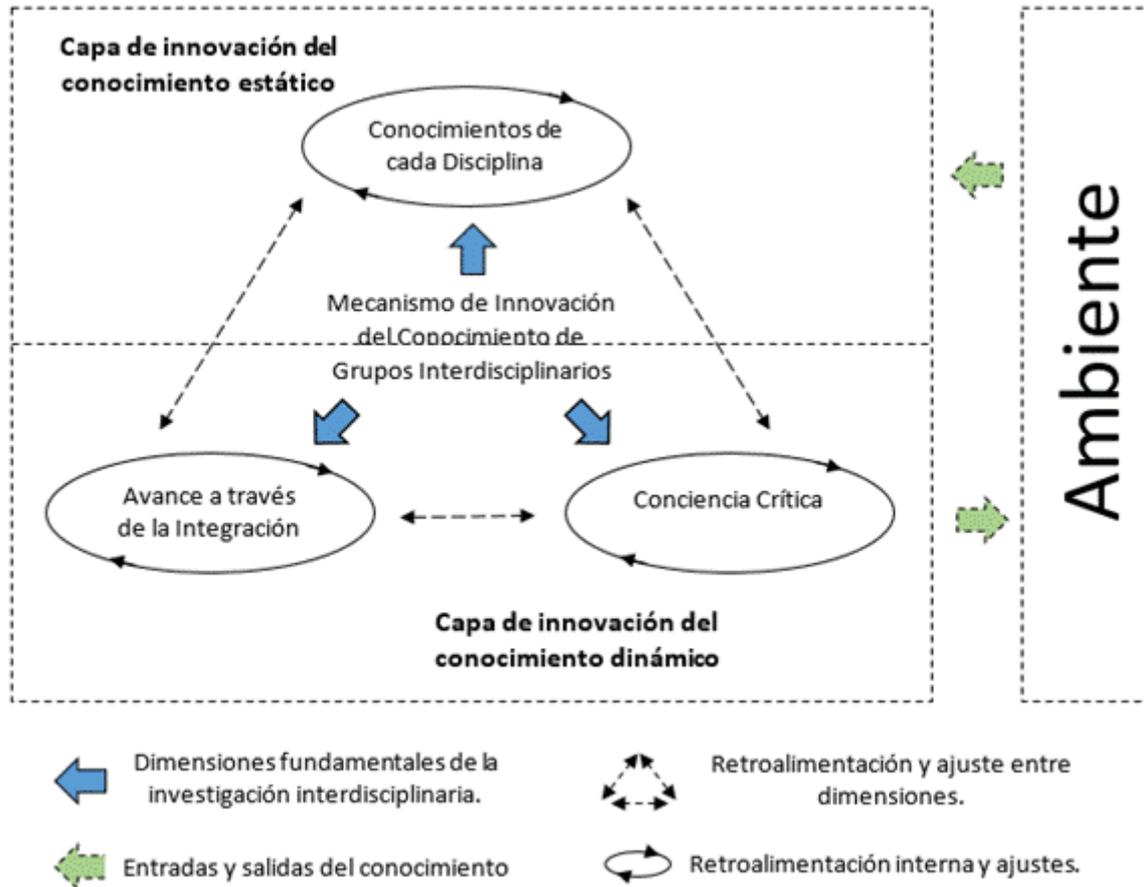
Un cuarto beneficio es la posición reconocida y mayor número de publicaciones para el grupo, esto último se evidencia en el aumento de la probabilidad de obtener una posición reconocida dentro de la academia y un mayor número de publicaciones por parte de los investigadores con tesis multidisciplinaria que los que no, esto es en parte el resultado de los diferentes tipos de trabajos realizado por cada egresado (Millar, 2013). Y un quinto beneficio, es el potencial de una visión holística e integrada de fenómenos complejos (Jing Zhang et al., 2011).

Mediante el enfoque de M. L. Disis y J. T. Slattery (Disis & Slattery, 2010), se obtiene un mecanismo de creación y sostenimiento de grupos multidisciplinares que permitirá el desarrollo de la investigación translacional orientada a la salud humana o en general, a cualquier otro campo. Este enfoque promete visión compartida dentro del equipo, liderazgo dinámico y compartido, infraestructura valorada y usada por todos los miembros del equipo, minimización de costos relacionado a la investigación y comunicación fácil basada en la educación de colaboración y respeto.

Jin Zi-qi y su grupo (Jin Zi-qi et al., 2011), por su parte han dejado establecido un documento que constituye un modelo de investigación interdisciplinaria basado en un mecanismo que equilibra la visión estática de adquisición, acumulación, integración, verificación, corrección, y transmisión del conocimiento, con la visión dinámica de generación de nuevos estilos cognitivos, métodos y soluciones. Esto promete una verdadera transformación del conocimiento con características de originalidad, mutación, conversión, activación, y valor

agregado. Además los autores han hecho un avance investigativo, al integrar dichos enfoques con las tres dimensiones básicas del conocimiento interdisciplinario; primero, el conocimiento propio de cada disciplina; segundo, el avance investigativo a través de la integración; y tercero, la conciencia crítica. Esta dinámica se aprecia en la figura 4.

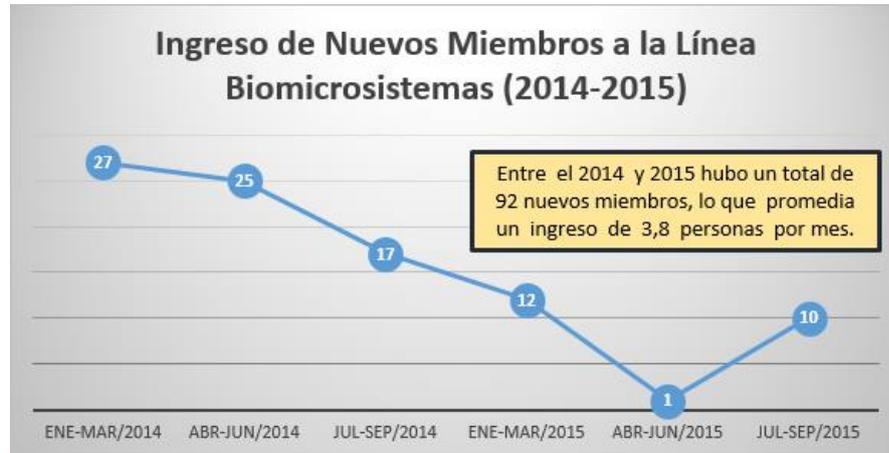
Figura 4: Modelo de investigación interdisciplinaria basada en la visión estática y dinámica para la innovación del conocimiento, modificado de (Jin Zi-qi et al., 2011).



Y mediante el enfoque de tres rutas no limitadas a la profesión del candidato sino a sus intereses investigativos y la identificación del saber hacer para la adquisición del conocimiento; La línea de Biomicrosistemas ha podido generar un ambiente académico y participativo mediante la asignación de un rol específico para cada miembro del grupo; se ha podido hacer investigación de desarrollo a largo plazo al mismo tiempo que tener un catálogo de productos y desarrollos para ofrecer, y se ha generado un verdadero liderazgo transformacional, dado que se valora a cada miembro del grupo, logrando generar después de la capacitación y la comunicación basada en la educación de colaboración y respeto que permite el desacuerdo constructivo, una visión compartida.

Esto ha generado un alto ingreso de nuevo personal de distintas disciplinas al grupo (Fig. 5), una amplia perspectiva multidisciplinaria (Fig. 6) y un desarrollo en las siguientes áreas: monitoreo ambiental, detección de compuestos peligrosos, tecnología para la defensa, tecnología para el sector aeroespacial y desarrollo de equipos y tecnología para distintos fines.

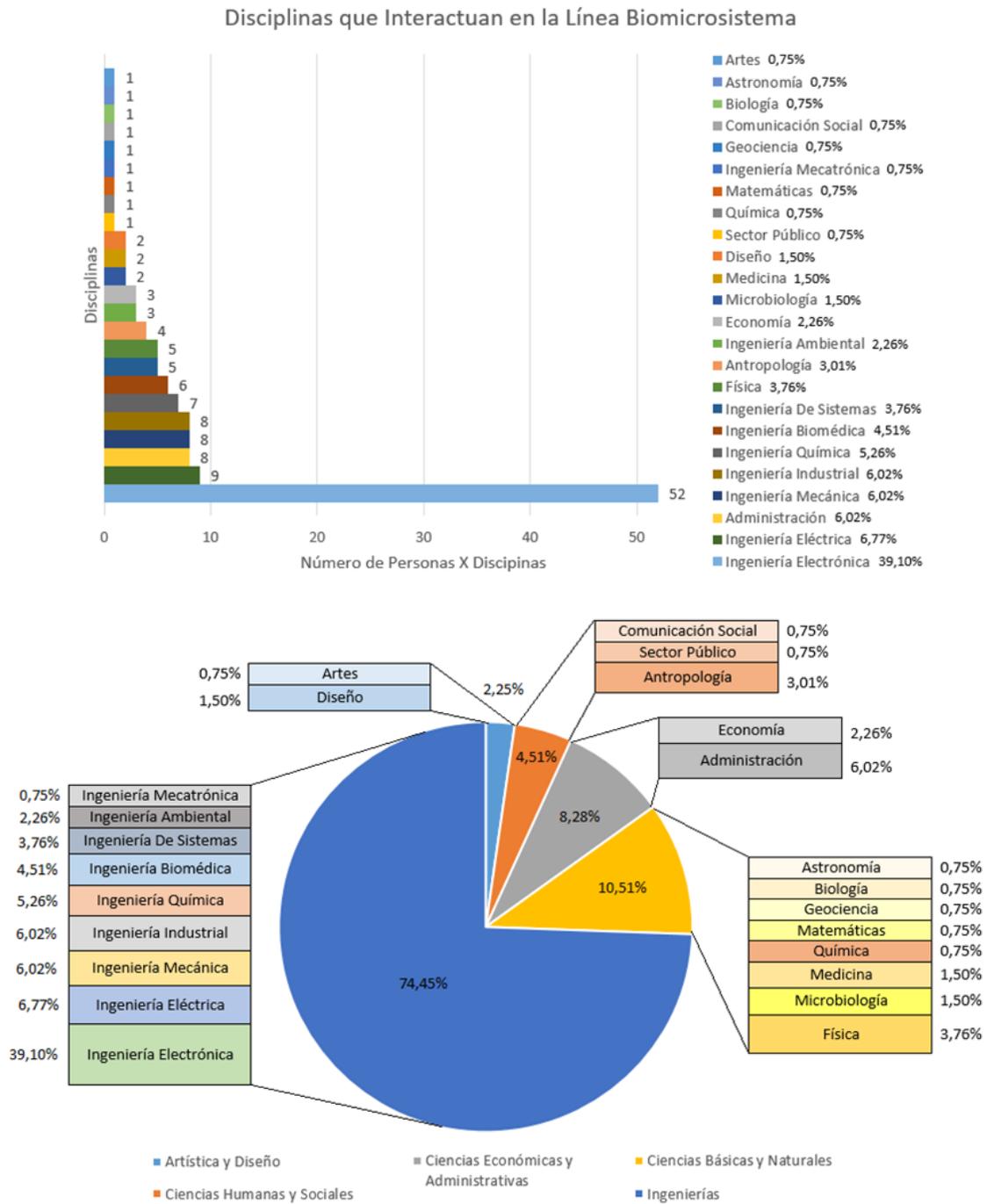
Figura 5: Ingreso de Nuevos Miembros a la Línea Biomicrosistemas (2014-2015).



Esta información fue recuperada de los documentos de firma de confidencialidad de la línea de Investigación de Biomicrosistemas, así como la información utilizada para componer la Figura 6.

En el área de Monitoreo Ambiental que comprende la detección de gases y el monitoreo de residuos se han desarrollado Micro-respirómetros y fabricación de Biorreactores utilizando la tecnología de microfabricación. En el área de Detección de Compuestos Peligrosos que incluye el desarrollo de sensores y biosensores para cuantificar o identificar los compuestos en solución, se ha desarrollado un biomicrosistema que permite la toma de más de 90 análisis simultáneo para la detección de HPV (virus del papiloma humano) in-situ, portátil, de bajo costo y fácil de usar y leer (Urrego, Lopez, Ramirez, Ramirez, & Osma, 2015), biosensores para la detección de compuestos peligrosos en el agua, y los sistemas de reconocimiento óptico para el análisis en tiempo real de microfluidos (Gonzalez-rivera & Osma, 2015) y estudios de flujo de sangre, que permiten administración de fármacos dentro de las arterias artificiales, la reconstrucción en 3D de la microfluídica, análisis del líquido y el seguimiento de partículas. En el área de Tecnología para la Defensa, el desarrollo de material explosivo por la detección de gases, desarrollo de hidrofóbica y nanotecnología resistente al agua, y el desarrollo de sistemas de comunicación Electrónica de corto y medio alcance integrado en trajes y accesorios. En el área de Tecnología para el Sector Aeroespacial, se han desarrollado microsistemas para la artesanía aeroespacial en el proyecto denominado PUA (Proyecto Aeroespacial de la Universidad de los Andes). Donde la línea de Biomicrosistemas ha estado a cargo de los componentes electrónicos que comprende la comunicación en tiempo real, sensores, procesadores, energía eléctrica y el control de encendido. Y en el área de Desarrollo de Equipos y Tecnología para Distintos Fines, Se han fabricado impresoras 3D en polímeros que pueden imprimir con una resolución de alrededor de $5\mu m^3$. Equipo para la Biotecnología, microfluídica y la nanotecnología en el proyecto de Smart Town (desarrollo de equipos diferentes para la experimentación de la biotecnología y la nanotecnología haciendo uso del Internet y los dispositivos Android). Y el desarrollo de varios equipos de laboratorio que pueden ser fácilmente replicados con tecnología totalmente de código abierto que incluye circuitos, modelos mecánicos y código de software.

Figura 6: Disciplinas que interactúan en la línea Biomicrosistemas.



4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES:

A manera de conclusión se presenta la siguiente tabla para el análisis de las ventajas y desventajas de cada uno de los enfoques desarrollados para la conformación y/o desarrollo de grupos multidisciplinarios y de su sostenimiento. (Tabla 1).

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de los Enfoques de Disis & Slattery, 2010; Jin Zi-Qi Et Al., 2011; y de la Línea de Investigación Biomicrosistemas para la conformación y/o trabajo de Grupos Multidisciplinarios.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISIS Y SLATTERY, 2010	<p>Manejo de distintas disciplinas mediante liderazgo compartido y sacrificio de los propios intereses.</p> <p>Solución al problema de infraestructura mediante el desarrollo de los recursos requeridos por otros miembros del grupo.</p> <p>Sostenimiento del grupo mediante la educación de colaboración, la comunicación clara y la generación de espacios de convivencia.</p>	<p>No hay medidas directas de resultados que garantice la eficacia de los métodos propuestos.</p> <p>No hay una metodología que evite la presión del ambiente académico.</p> <p>No hay un mecanismo claro y detallado que presente la estructura estática y/o dinámica para la adquisición e innovación del conocimiento.</p>
JIN ZI-QI ET AL., 2011	<p>Ruta completa para el aprovechamiento del conocimiento de la multidisciplinariedad.</p> <p>Mecanismo claro y detallado para la adquisición e innovación del conocimiento.</p>	<p>No hay una metodología que evite la presión del ambiente académico.</p> <p>No hay una metodología para el manejo de infraestructura.</p> <p>Limitado solo a nivel conceptual.</p>
LÍNEA BIOMICROSISTEMAS	<p>Manejo de distintas disciplinas mediante liderazgo compartido en el saber hacer.</p> <p>Solución al problema de infraestructura mediante el desarrollo de los recursos requeridos por otros miembros del grupo.</p> <p>Metodología que evite la presión del ambiente académico mediante el trabajo en tres caminos que permite hacer investigación de desarrollo a largo plazo al mismo tiempo que tener un catálogo de productos y desarrollos para ofrecer.</p>	<p>No hay un mecanismo claro y detallado que presente la estructura estática y/o dinámica para la adquisición e innovación del conocimiento.</p> <p>Riesgo de poca interacción del grupo en caso de faltar el líder, al solo compartir este rol en el saber cómo.</p>

En particular es importante resaltar que cada metodología centra su sostenimiento en un concepto diferente. Disis y Slattery (Disis & Slattery, 2010) se enfoca en el liderazgo compartido y en el sacrificio de interés personales en pro del interés global. Aunque de forma general la línea de Biomicrosistemas persigue el mismo objetivo, este interés y liderazgo compartido se busca a través de un saber hacer colectivo, y como modelo busca poner al conocimiento como eje central de conexión. Por otro lado, Jin Zi-Qi y su grupo (Jin Zi-Qi Et Al., 2011) aprovecha la multidisciplinariedad como ruta para el mejor aprovechamiento del conocimiento, y la interacción de los miembros del grupo como su principal motor de conexión. A pesar de estas diferencias, cada metodología establece parámetros que auspician la

interacción de sus integrantes el perseguir iniciativas comunes y una mejor distribución de recursos.

5 REFERENCIAS

- Bottero, J.-Y., Auffan, M., Borschnek, D., Chaurand, P., Labille, J., Levard, C., ... Wiesner, M. R. (2015). Nanotechnology, global development in the frame of environmental risk forecasting. A necessity of interdisciplinary researches. *Comptes Rendus Geoscience*, 347(1), 35–42. <http://doi.org/10.1016/j.crte.2014.10.004>
- Disis, M. L., & Slattery, J. T. (2010). The road we must take: multidisciplinary team science. *Science Translational Medicine*, 2(22), 22cm9. <http://doi.org/10.1126/scitranslmed.3000421>
- Domaracka, A., Grygiel, C., Méry, A., Bouffard, S., & Cassimi, A. (2015). CIRIL: more than 30 years of interdisciplinary research at GANIL. *Journal of Physics: Conference Series*, 629, 011001. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/629/1/011001>
- Gonzalez-rivera, J. C., & Osma, J. F. (2015). Fabrication of an Amperometric Flow-Injection Microfluidic Biosensor Based on Laccase for In Situ Determination of Phenolic Compounds. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International*, 2015, 9. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2015/845261>
- Innes, J. B. (2015). Interdisciplinary Archaeological Research Programme Maasvlakte 2. *Quaternary Science Reviews*, 125, 172–173. <http://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.08.002>
- Jin Zi-qi, Jiang Hua, & Wang Xiao-hong. (2011). A model of interdisciplinary research based on the double knowledge innovation view. *2011 International Conference on Management Science & Engineering 18th Annual Conference Proceedings*, 147–152. <http://doi.org/10.1109/ICMSE.2011.6069957>
- Jing Zhang, Luna-Reyes, L. F., Nakashima, M., Gil-Garcia, J. R., Sayogo, D. S., & Mellouli, S. (2011). Building and Sustaining a Transnational and Interdisciplinary Research Group: Lessons Learned from a North American Experience. *2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences*, 1–10. <http://doi.org/10.1109/HICSS.2011.89>
- Millar, M. M. (2013). Interdisciplinary research and the early career: The effect of interdisciplinary dissertation research on career placement and publication productivity of doctoral graduates in the sciences. *Research Policy*, 42(5), 1152–1164. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2013.02.004>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Recuperado de <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=tmziBwAAQBAJ&pgis=1>
- Siedlok, F., Hibbert, P., & Sillince, J. (2015). From practice to collaborative community in interdisciplinary research contexts. *Research Policy*, 44(1), 96–107. <http://doi.org/10.1016/j.respol.2014.07.018>
- Suerdem, A., & Oztaysi, B. (2015). Interdisciplinary Collaboration of Engineers and Social

Researchers to Face Societal Challenges: Designing an E-Recruitment System for Disadvantaged Groups. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2566–2575. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.451>

Universidad de los Andes. (2015). Research Areas and Projects. Recuerdo October 14, 2015, <https://cmua.uniandes.edu.co/index.php/es/projects/prueba/34-researchlines/biomicrosistemas/329-biomicrosystem-areas>

Urrego, L. F., Lopez, D. I., Ramirez, K. A., Ramirez, C., & Osma, J. F. (2015). Biomicrosystem design and fabrication for the human papilloma virus 16 detection. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 207(Part A), 97–104. <http://doi.org/10.1016/j.snb.2014.10.036>

Villa, a. C., & Urgiles, F. (2012). Creation of the Biomedical Engineering Research Group GIIB-UPS at the Salesian Polytechnic University. *2012 VI Andean Region International Conference*, 185–187. <http://doi.org/10.1109/Andescon.2012.50>



Sobre los autores:

Miguel A. Aroca es Ingeniero electrónico egresado de la Universidad Popular del Cesar, Coinvestigador del Grupo de Telecomunicaciones, Informática y Control – GITIC en 2012, estudiante de Doctorado en Ingeniería Electrónica en la línea Biomicrosistemas del Grupo de Investigación CMUA (Centro de Microelectrónica de la Universidad de los Andes) en el área de nanotecnología y microsistemas.



Dr. Johann F. Osma es Ingeniero Electrónico con un M.Sc. en el área de microelectrónica de la Universidad de los Andes (Colombia). Inicio su carrera científica en el Centro de Microelectrónica (CMUA) de la misma universidad en 2001 en el área de micro y nanotecnologías. Luego, continuó su formación con un M.Sc. y un Ph.D. en Ingeniería Química, Ambiental y de Procesos en la Universitat Rovira i Virgili (España) en el área de bio-nanotecnología. Desde el 2010, se unió a la Universidad de los Andes como profesor, donde inició el área de investigación en biosensores y microsistemas fluídicos y hace parte del comité directivo de una Sala Limpia especializada en dichos temas.