

LA EDUCACIÓN VIRTUAL COMO HERRAMIENTA PARA LA MASIFICACIÓN DE DE LA FORMACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA Y COMPUTACIÓN DE ALTO DESEMPEÑO

Dago Hernando Bedoya¹, Erica Yong Castillo², Maria Natalia Díaz³, Nofal Nagles Garcia⁴
^{1,3}Centro de Bioinformática y Biología Computacional de Colombia – BIOS, Manizales, Caldas, Colombia, ^{2,4}Escuela Administración de Negocios – EAN, Bogotá, Colombia

dago.bedoya@bios.co; eyongc@ean.edu.co; natalia.diaz@bios.co; nagles@ean.edu.co

Resumen

El presente documento es derivado del programa de investigación "Fortalecimiento de CTel en biotecnología para el departamento de Caldas, apoyado por infraestructura computacional avanzada y trabajo colaborativo", financiado con recursos del sistema general de regalías para el departamento de Caldas, éste artículo contiene los resultados del estudio de oferta y demanda de formación en biotecnología y supercomputación en Colombia, uno de los resultados de este estudio es la poca oferta en educación apoyada por tecnologías para la formación en las áreas mencionadas, es por ello que éste escrito termina con una estrategia de educación mediada por las TIC y la innovación, en biotecnología y computación de alto desempeño, orientados a la generación de ideas de negocios exitosa, en los que se incluyen respuestas orientada a la educación apoyada por tecnologías para los retos posteriormente señalados, la formación de los diferentes equipos para alcanzar los resultados propuestos y la programación de indicadores que se esperan para este año.

Esta es una propuesta que espera impactar el país, generando ideas que crearán o modificarán productos basados y en general busca motivar una cultura basada en biotecnología con TIC orientada a consolidar el cluster biotecnológico colombiano, todo ello apoyado por educación con nuevas tecnologías.

¹ Magister en Ciencia, Tecnología y Sociedad (c), Especialista en auditoría de sistemas, ingeniero de sistemas, Diplomado en habilidades gerenciales, diplomado en diseño de ambientes virtuales de aprendizaje, diplomado en gestión del conocimiento, Diplomado en educación virtual, actualmente se desempeña como Coordinador del área de ecosistemas del Centro de Bioinformática y Biología Computacional de Colombia y docente de la Especialización en Edumática de la Universidad Católica de Pereira.

² Erica Yong Castillo: Magister en Educación y TIC e-learning, Diploma en Objetos de Aprendizaje, Especialista en Pedagogía y Desarrollo Humano, Ingeniera de Sistemas con énfasis en Desarrollo de Software. Actualmente se desempeña como Directora de la Maestría en Gestión de la Educación Virtual de la Universidad EAN.

³ Especialista en Gerencia de Proyectos. Profesional en Gobierno y Relaciones Internacionales. Actualmente se desempeña como Asesora de formación en el marco del Proyecto de Regalías en CTel del Departamento de Caldas y coordina la construcción del "Plan Quinquenal de Formación e inserción laboral en biotecnología y computación de alto desempeño de Caldas"

⁴ Doctor en Ciencias Empresariales, Diploma de Estudios Avanzados en Economía Aplicada, Especialista en Gerencia de Procesos de Calidad e Innovación, Especialista en Pedagogía para el Desarrollo del Aprendizaje Autónomo, Ingeniero Industrial.

Palabras claves: Biotecnología, bionegocios, educación apoyada por TIC, educación blended, HPC, estrategia de educación apoyada por tecnologías.

Introducción

En las actuales disciplinas y tecnologías emergentes como la biotecnología, biología computacional, la bioinformática y la computación de alto desempeño, un amplio número de países están realizando inversiones debido a su gran potencial para amplificar el desarrollo científico y generar impacto en diferentes campos. La biotecnología, entendida como la aplicación de ciencia y tecnología a organismos vivos y partes de estos, con el fin de producir conocimiento, bienes y servicios (European Commission, 2015), constituye una de las ramificaciones científicas, que después de las asociadas a las ciencias computacionales, tiene mayor potencial de impacto en el mundo.

En efecto, son múltiples las aplicaciones de la misma en campos como la agricultura, la salud, la industria, el medio ambiente, entre otros. Sus expectativas de impacto, se asocian a la oferta de soluciones alternativas para problemas de seguridad alimentaria, creación de nuevos materiales, productos y servicios para la industria, el desarrollo de nuevos medicamentos, procesos de remediación ambiental y en general, la posibilidad de hacer uso de los recursos genéticos derivados de la biodiversidad, de manera sostenible.

Son múltiples las dificultades relacionadas con la biología computacional y la bioinformática y en general con el análisis de la vida, ante estas dificultades, las disciplinas que hacen uso de la modelación matemática, así como, de herramientas de tecnologías de la información y las ciencias computacionales, surgen como posibles soluciones para los procesos de investigación. La biología computacional, caracterizada por el desarrollo de algoritmos para estos propósitos, ha demostrado tener una gran utilidad para comprender sistemas biológicos y fenómenos asociados a la vida, al igual que la bioinformática, en la biología molecular.

En general, las dos han permitido reducir los periodos de tiempo y costos asociados a procesos de investigación que anteriormente requerían de años, y que actualmente, es posible realizar incluso en cuestión de días. Así mismo, facilitan la realización de simulaciones y modelaciones, de predicciones, y el estudio de problemas teóricos que años atrás contaban con un alto nivel de complejidad. Cada una ha contribuido a facilitar el estudio de mecanismos y estructuras responsables del funcionamiento de los seres vivos, de procesos genéticos, desviaciones de funcionamiento normal como el cáncer, y el estudio del metabolismo de drogas anticancerígenas, entre otros.

De la misma manera, la computación de alto desempeño permite resolver problemas computacionales considerados complejos, entre otros aspectos, por el gran volumen de información que comprenden, mediante el uso de supercomputadoras y computación distribuida.

En el amplio espectro de aplicación de esta tecnología, se encuentra la facilitación de procesos en el ámbito académico, gubernamental y empresarial. Algunos ejemplos de los usos que se le puede dar, se asocian a las ciencias de la vida y el medio ambiente, mediante la capacidad que ofrece para el almacenamiento y procesamiento de información genética derivada de la biodiversidad, el modelamiento de proteínas para la creación de medicamentos, el estudio del clima pasado, actual y predicciones futuras del mismo, la ejecución de aplicaciones para la gestión del sector agrícola, la gestión de recursos naturales, el manejo hidrológico y la predicción del cauce de los ríos, la creación de modelos para la gestión de recursos naturales y el desarrollo de energías innovadoras, entre otras posibilidades que día a día aumentan.

Otros usos se relacionan con el análisis de información sísmica o de cantidades masivas de datos asociados a variables socioeconómicas, para el fomento de la participación ciudadana para la toma de decisiones; el desarrollo de aplicaciones para la implementación de estrategias de seguridad y defensa, e incluso en la reparación de víctimas en el marco de un conflicto armado.

Dado el amplio espectro de aplicaciones de estas disciplinas y tecnologías, su utilización para satisfacer las necesidades de diferente índole, constituye una oportunidad latente de impacto socio económico.

Para países como Colombia, el desarrollo de industrias asociadas a estas disciplinas, ofrece la posibilidad de aprovechar la biodiversidad para generar ventajas competitivas, depender en menor medida de la explotación de materias primas, fomentar la generación de empleo altamente calificado, y promover el surgimiento de una economía basada en la generación de conocimiento.

Sin embargo, la materialización de esta idea sugiere la necesidad de conocer los requerimientos del mercado, y de contar con capital humano formado en los conocimientos y las competencias acordes para atenderlas. En conclusión, de conocer los requerimientos de capital humano y de oferta educativa para fomentar el surgimiento de industrias de este tipo.

2. Estado del arte

Para el caso colombiano, la literatura referente a las necesidades de capital humano asociado al sector biotecnológico y de computación de alto desempeño, es precaria. Con relación al primero, la bibliografía es reiterativa al mencionar la falta de formación en gestión de la innovación, propiedad intelectual, valoración de intangibles, innovación, emprendimiento, creación y gestión de empresas de base biotecnológica, transferencia tecnológica, comercialización y penetración de mercados internacionales con bienes y servicios asociados a esta (INNpalsa, 2013). También, hace referencia a la necesidad de hacer uso de instrumentos de formación virtual y en propiedad intelectual (CONPES, 2011).

Con relación a la computación de alto desempeño, la bibliografía no especifica el perfil del capital humano requerido, limitándose a mencionar áreas de trabajo identificadas con potencial para el país, sin embargo, se considera útil como insumo inicial para posteriormente definir necesidades de formación educativa. En el conjunto de las áreas de trabajo a las que se hace referencia se encuentran: la bioinformática y biología computacional, el modelamiento y la simulación de desastres naturales, la modelación avanzada para la exploración petrolera y aplicaciones de interés para la industria y la academia (RISC,2011).

Por otro lado, se hace alusión a áreas temáticas en las que sería importante fortalecer las líneas de investigación: las ciencias de la vida, la modelación del medio ambiente, la investigación sobre el clima, la exploración de los recursos naturales y la explotación petrolera, y en cuanto a investigación aplicada en estos temas hay especial interés en: programación de alto rendimiento, algoritmos escalables, modelación matemática, y el manejo de bases de datos masivos (RISC, 2011).

Los documentos de política pública tampoco son específicos al hacer referencia al perfil del capital humano que se requiere en el país para desarrollar una industria de bienes y servicios biotecnológicos y de computación de alto desempeño, aunque sí establecen objetivos y metas para el tipo de oferta educativa requerida para contribuir con el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país.

En estos se resalta la necesidad de que el sistema educativo construya alianzas estratégicas con actores nacionales e internacionales, incremente el número de patentes, , forme en competencias en innovación, creación y gestión de empresas basadas en la generación de conocimiento y desarrollo de procesos de innovación, incremente el uso de herramientas de las TIC para ampliar y mejorar la calidad de la oferta educativa y certifique la educación de acuerdo con los estándares internacionales (Ministerio de Educación Nacional, 2006).

De igual modo se hace referencia a la importancia de priorizar áreas de acción, con un enfoque estratégico, con las cuales se logre posicionar al país como líder y diferenciarlo a nivel internacional; desarrollar proyectos que tengan en cuenta las oportunidades de los mercados del exterior y fortalecer las capacidades en investigación científica para la resolución problemas concretos.

Y en el tema educativo hay una priorización frente a la importancia de alinear la educación con las necesidades del sector productivo, aunar esfuerzos para desarrollar un modelo de integración entre departamentos y regiones y participar en grandes estrategias científicas y tecnológicas (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones, 2013) (BIOS-2014).

En general, los objetivos de los documentos apuntan a generar una oferta educativa orientada a formar en competencias que cubran los vacíos actuales, que impiden abarcar la totalidad de la cadena de valor del conocimiento. Para ello, se hace énfasis en la necesidad de producir investigación con aplicación para el sector productivo, la búsqueda de cerrar las brechas entre diferentes instituciones para fomentar el trabajo interdisciplinario y en red entre actores, impulsar el uso de herramientas de las TIC, además de adoptar medidas que propendan por la internacionalización de la investigación científica colombiana e igualmente la formación en competencias para la creación de nuevas empresas e incrementar el número de solicitud de patentes.

3. Oferta nacional educativa en biotecnología

En Colombia existe un total de 33 programas de educación especializados en biotecnología, los cuales, pueden ser agrupados por:

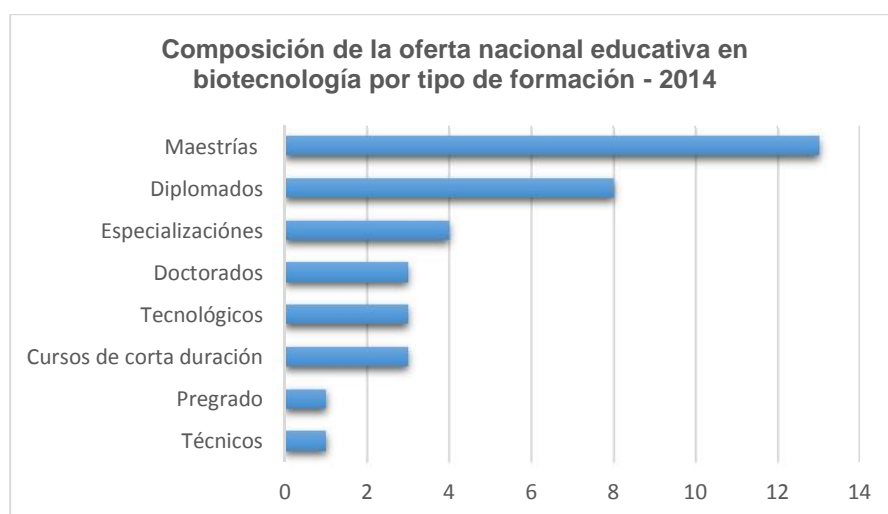
-Tipo de formación: cursos de corta de corta duración-3; diplomados-8, técnicos-1, tecnológicos-3, especializaciones-4, pregrado-1, maestrías-13 y doctorados-3.

-Concentración geográfica: Bogotá-13; Medellín-9; Manizales-4, Cali-3, Montería, Pamplona y Pereira -2 cada una; Popayán y Bucaramanga-1 cada una.

-Núcleo de conocimiento, excluyendo a los cursos y diplomados: Biología, microbiología y afines-57%; agronomía-19%; química y afines-5%, medicina veterinaria-5%, medicina-5%, ingeniería de sistemas, telemática y afines[1]-5%; administración[2]-5%.

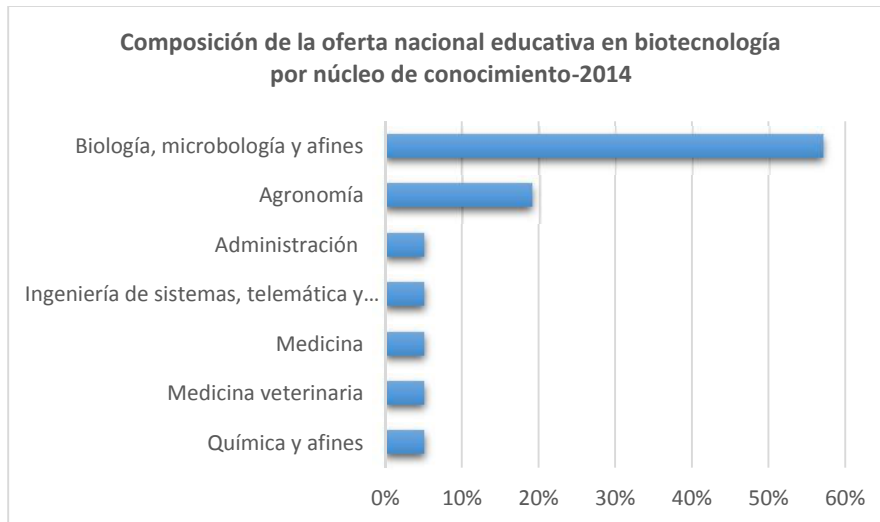
-Modalidad de impartición: 87.5% presencia, y 12.5% virtual, siendo el 100% de los virtuales cursos de corta duración. Es importante anotar que ninguno de estos programas ha sido certificado a nivel internacional (Ministerio de Educación Nacional, 2014).

Gráfica 1.



Fuente: Elaborada por el autor con base en la información registrada en la plataforma virtual del Sistema Nacional de Educación Superior-SNIES del Ministerio de Educación Nacional.

Gráfica 2.



Fuente: Elaborada por el autor con base en la información registrada en la plataforma virtual del Sistema Nacional de Educación Superior-SNIES del Ministerio de Educación Nacional.

El 73.3% de los programas de formación superior y continua, se imparten en entidades educativas de carácter público y el 26% por privadas. Si a este conjunto se agrega la oferta educativa en cursos de corta duración, la distribución porcentual varía a un 34% privadas y un 65.7% públicas.

Es importante anotar que si bien, el 84.6% de estos programas cuenta con acreditación nacional ante el Ministerio de Educación Nacional por 7 años, ninguno cuenta con refrendación internacional[3]. Por otro lado, de 9 programas de educación superior correspondientes a maestrías y doctorados, que respondieron una encuesta específica, sólo 2 desarrollan actualmente proyectos de investigación con universidades extranjeras, y ninguna con empresas foráneas. En el país solo el 15% cuenta con convenios con otras universidades colombianas y de 9 programas sólo 3 desarrollan en la actualidad proyectos con alguna empresa nacional (BIOS,2014).

Finalmente, en cuanto a la modalidad de impartición, el 80% de los programas en Colombia son presenciales y solo un 20% de forma virtual, con 4 cursos de corta duración, un único programa técnico profesional en aplicación de biotecnología agroecológicas y una especialización en biotecnología agraria (BIOS,2014).

Otros cursos de corta duración en torno a la biotecnología y a los cuales se puede acceder de forma ocasional, son aquellos ofrecidos con becas parciales por COLCIENCIAS en alianza con el Centro Argentino-Brasileño de Biotecnología, sin embargo, al ser presenciales, requieren que el interesado se movilice hasta Argentina o Brasil, incurriendo en los costos no cubiertos por la beca. En general, en cuanto a la modalidad de impartición, la oferta educativa en biotecnología encuentra como principal obstáculo que sean virtuales por el hecho de que

por la naturaleza de la disciplina, la mayor parte de los mismos son de carácter teórico práctico, y por ende, requieren el acceso a laboratorios.

A nivel de Latinoamérica, los cursos y la oferta educativa en biotecnología son, en su mayoría, de carácter presencial. En España, país que ofrece programas de posgrado en biotecnología en español, sin embargo, es posible encontrar algunas maestrías en versión on-line.

4. Demanda nacional educativa en biotecnología

La demanda laboral en biotecnología, se encuentra principalmente asociada a procesos de bioinformática, denotando la necesidad de perfiles orientados al análisis de datos biológicos, el análisis de proteínas, y la secuenciación genética, actividades que los centros de investigación encuestados realizan en mayor medida.

Otros procesos llevados a cabo por estos grupos, aunque en menor cantidad son: el cultivo de células y el análisis genético de especies vegetales. El 57% de los grupos de investigación encuestados, manifestaron presentar dificultades para encontrar el tipo de capital humano idóneo para poder desarrollar su actual portafolio de servicios.

En el tipo de perfiles de capital requerido por los encuestados se encuentran:

-Profesionales en biotecnología genética, matemática computacional, estadística, química farmacéutica, entre otros.

-Especialistas en ingeniería de tejidos; biotecnología, bioquímica vegetal, biología sintética, bioestadística, procesos de patentamiento, medicina regenerativa, metabolismos celular, entre otros.

-Magísteres en biología y genética vegetal, seguridad alimentaria, biotecnología, bioinformática, biología computacional, genética, medicina regenerativa, análisis de flujo metabólico, ingeniería de tejidos, bioquímica, entre otros.

-Doctores en seguridad alimentaria, ingeniero especialista en CFD, ingeniería agrícola, productos naturales, estadística, bioinformática, biología computacional, ingeniería de tejidos, biología de sistemas, análisis de flujo metabólico; bioquímica, medicina regenerativa, ingeniería metabólica, biología vegetal, biología sintética, bioquímica vegetal, entre otros (BIOS,2014).

Para definir los perfiles de capital humano que el país necesita se sugiere en primera instancia analizar las tendencias mundiales en cuanto a áreas temáticas, por ejemplo, en relación con la creación de nanomateriales, biocompositos, especialmente para fines médicos, procesos de biorremediación y de catálisis (BIOS, 2014).

No obstante, expertos en torno a esta tecnología consideran que en el conjunto de perfiles de capital humano que se requiere en el país se encuentran los siguientes: especialistas en rutas metabólicas, en biología molecular avanzada, en biosensores, en genómica, biólogos con entrenamiento para pensar como científicos computacionales y de forma matemática, personal para trabajar en torno al sector agrícola, el farmacéutico y el ambiental; en análisis de ecosistemas dañados por el calentamiento global o factores antrópicos, en medicina genómica y personalizada, además con formación doctoral en ciencias ómicas y en manejo y análisis de cantidades masivas de datos.

Otro tipo de expertos son necesarios para suplir necesidades concernientes a los procesos comerciales y administrativos que tengan conocimientos y experiencia en gestión del conocimiento, transferencia tecnológica, innovación, emprendimiento, gerencia de empresas de bases biotecnológica y bionegocios, venta y penetración de mercados internacionales con productos y servicios biotecnológicos.

En general, se necesita con urgencia personas que actúen como un puente entre las universidades y las empresas, lo que requiere de una formación con un enfoque aplicado. Este tipo de capital humano deberá tener la capacidad de entender y trabajar con las dinámicas propias de los negocios de base biotecnológica en cuanto a generación de ingresos, gestión de proyectos, negociación de tecnología y conocimiento, desarrollo de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, propiedad intelectual, negociación de contratos, valoración de intangibles, economía y finanzas aplicadas a bionegocios, incubación y gerencia de bioempresas, penetración de mercados internacionales, entre otros (BIOS, 2014).

Con relación a las líneas de investigación se propone formar capital humano para trabajar en procesos de transformación ambientalmente amigables, de bioprospección para identificar sustancias bioactivas útiles y para la estabilidad de esas moléculas (BIOS, 2014), que beneficien el sector agrícola, farmacéutico y ambiental.

En biodiversidad, biodiversidad microbiológica, biorremediación, y medicina personalizada, por ejemplo, en torno al cáncer, es necesario fortalecer dichas líneas investigativas que aunque utilizan aún algunos métodos clásicos (en biología molecular), podrían tener implicaciones de alcance nacional e internacional.

En el campo de las ciencias sociales y administrativas, en el desarrollo de mecanismos para acercar al sector académico y empresarial, el objetivo es generar consciencia frente al vínculo que se debe construir entre los diferentes actores interesados en el desarrollo de este tipo de alianzas y convenios, igualmente en el ámbito jurídico con relación al desarrollo y gestión de patentes, así como, la negociación de contratos para la puesta en marcha de proyectos con la participación de diferentes actores, en especial de carácter internacional, en los que se realicen aportes con recursos genéticos; estas son algunas características que se deben tener en cuenta.

Uno de los ítems más trascendentales es generar flujo de caja para los centros de investigación, a través del mercadeo de productos biotecnológicos, con el objetivo de encontrar formas de autofinanciación en un escenario con recursos públicos limitados. Finalmente, es fundamental trabajar en el desarrollo de mecanismos para facilitar la incubación de empresas y facilitar el bio emprendimiento en el país (BIOS,2014).

Otro tipo de demanda frente a la educación en biotecnología en el país, se relaciona con el componente de internacionalización en cuyo nivel de importancia coinciden los expertos para: generar interacciones y alianzas estratégicas con investigadores y centros de investigación y laboratorios de alto nivel de diferentes países, con el fin de intercambiar prácticas, conocimientos y flujos de trabajo; traer expertos con experiencia real y significativa en bionegocios, negociación y comercialización de propiedad intelectual, comercialización de intangibles (paquetes tecnológicos, simulaciones, ensayos de laboratorio, entre otros) que entrenen a los actores locales sobre estos temas, además de obtener recursos externos, de la mano de convenios interinstitucionales.

Se considera necesario participar en procesos de investigación con laboratorios extranjeros, desarrollar empresas de forma conjunta, canales de transferencia de conocimiento y

tecnología, esto desde una visión empresarial y en general, fortalecer la calidad de la oferta educativa nacional. Traer profesores de otros países por periodos prolongados de tiempo y, generar vínculos con los becarios que estudian en el exterior para que trabajen no solo en problemas del país que los acoge sino también, en aquellos propios de Colombia; es importante retroalimentar y aprender de los sistemas y mecanismos de universidades de otros países para desarrollar procesos de transferencia de tecnología. Esto con el fin último de incrementar el número de personas con formación doctoral (BIOS,2014).

Otro tipo de consideraciones se relacionan con romper el esquema de los actuales currículos académicos considerados en muchas ocasiones “muy clásicos”, al no formar a los estudiantes para las necesidades reales del mercado laboral. Por ejemplo, se considera un gran defecto que las universidades no den formación empresarial desde el pregrado e incluso en algunas carreras científicas, sugiriendo la necesidad de programas interdisciplinarios (BIOS, 2014).

5. Oferta nacional educativa en computación de alto desempeño

En el Sistema Nacional de la Educación Superior del Ministerio de Educación Nacional-SNIES no existe ningún registro de programas de educación superior especializados en computación de alto desempeño. Al acudir a buscadores en internet se encontraron únicamente cursos de corta duración por lo que, se concluyó que en Colombia la oferta educativa en torno a esta tecnología se limita a capacitaciones de este tipo.

Tabla No. 9 – Oferta educativa nacional en computación de alto desempeño

UNIVERSIDAD	CIUDAD	SECTOR	FACULTAD	CURSOS DE CORTA DURACIÓN	DURACIÓN		CARRERA A LA QUE PERTENECE
					DIAS		
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SANTANDER_PARQUE TECNOLÓGICO GUATIGURA	BUCARAMANGA	PÚBLICA	FISICO MECANICAS	CURSO SOBRE DESARROLLO EN CUDA	DIAS	2,5	CURSO DE VERANO
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	BOGOTÁ	PRIVADA	INGENIERÍAS	HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN DE ALTO DESEMPEÑO	SEMESTRE	1	ESPECIALIZACIÓN EN DESARROLLO DE VIDEO JUEGOS
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	BOGOTÁ	PRIVADA	INGENIERÍAS	CURSO HPAD	SEMESTRE	1	ESPECIALIZACIÓN EN DESARROLLO DE VIDEO JUEGOS
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	BOGOTÁ	PRIVADA	INGENIERÍAS	COMPUTACIÓN DE ALTO RENDIMIENTO (CAR)	SEMESTRE	1	ESPECIALIZACIÓN EN DESARROLLO DE VIDEO JUEGOS
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE SANTANDER	BUCARAMANGA	PÚBLICA	INGENIERÍAS	TALLER DE ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS CIENTÍFICOS	DIAS	3	INGENIERÍA DE SISTEMAS
UNIVERSIDAD JAVERIANA	BOGOTÁ	PRIVADA	INGENIERÍAS	COMPUTACIÓN DE ALTO DESEMPEÑO	SEMESTRE	1	INGENIERÍA DE SISTEMAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	BUCARAMANGA	PÚBLICA	INGENIERÍAS	PROCESAMIENTO EN PARALELO	SEMESTRE	1	INGENIERÍA DE SISTEMAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	BUCARAMANGA	PÚBLICA	INGENIERÍAS	PROGRAMACIÓN DISTRIBUIDA	SEMESTRE	1	INGENIERÍA DE SISTEMAS
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	BUCARAMANGA	PÚBLICA	INGENIERÍAS	SISTEMAS DISTRIBUIDOS	SEMESTRE	1	INGENIERÍA DE SISTEMAS

Fuente: Tabla realizada por el autor con base en información encontrada en internet y páginas web de las respectivas instituciones educativas.

6. Demanda nacional educativa en computación de alto desempeño

La encuesta aplicada a los grupos de investigación en ingenierías se orientó en primera instancia a identificar las necesidades de procesamiento de cantidades masivas de datos, con el objetivo de vislumbrar el tipo de capital humano requerido para satisfacerlas. Se indagó sobre el tipo de actividades que realizan y de software que emplean para estas. Se buscaba examinar si estas podrían desarrollarse con la aplicación de tecnología de computación de alto desempeño para mejorar la productividad y la eficiencia. Los resultados evidencian que el 75% de los grupos encuestados consideran que el tiempo que toma procesar la información con la que desarrollan procesos de investigación está afectando su productividad. Situación para la cual, la computación de alto desempeño puede ser de gran utilidad. Sin embargo, el 47% de los grupos desconoce las opciones de mercado que existen en Colombia para este tipo de servicios y por ende, las ventajas de tercerizar este tipo de soluciones.

De forma paralela sólo el 33% de los grupos de investigación en biotecnología, afirman conocer sobre computación de alto desempeño (Gráfica 37). Un 33% refleja un conocimiento aún precario sobre el uso y aplicación de esta tecnología por parte de los potenciales usuarios de tecnología de computación de alto desempeño. También, se encontró que el 83% de los grupos de investigación en ingeniería, y un 57% de aquellos en biotecnología, desean conocer cómo utilizar este tipo de tecnología para mejorar la productividad y eficiencia de sus procesos. Esta información, sugiere que en Colombia existe un mercado potencial para la oferta de servicios de computación de alto desempeño en el sector académico (CBBC,2014).

Se identificó además, que del conjunto de actividades que los grupos de investigación realizan para procesos de investigación, las que tienen mayor posibilidad de aplicación de tecnología de computación de alto desempeño son: 1. Mallado en 2D o 3D (47%); 2. Aplicaciones en tiempo real (44%); 3. Cálculo de presión, velocidad, aceleración, temperatura en algún proceso particular (38%); 4. Minería de datos (37%); 5. Dinámica de fluidos (29%); 6. Uso de métodos de diferencias finitas (29%); Tratamiento de señales (28%). Con el objetivo de obtener, mayor información que contribuya a identificar el tipo de perfil de capital humano requerido, se indagó sobre los sectores para los cuales, con los siguientes resultados: industria de petróleo, minería, energía o similares (24%); meteorología y aeronáutica (12%); termodinámica, industria automotriz y similares (12%). En proporciones menores, física (9%); ingeniería civil (8%), oceanografía (7%) y ciencias biológicas, química y medicina (7%). Resultados que indican que el 79% de los grupos de investigación trabajan para sectores con potencial para hacer uso de tecnología de computación de alto desempeño (CBBC,2014).

Con relación al tipo de software empleado por los investigadores, y con el objetivo de identificar cuáles de estos pueden optimizar su funcionamiento al ser ejecutados con infraestructura de alto desempeño⁵, las respuestas evidencian que la mayoría de los encuestados, correspondientes a 62 grupos, usa MatLab. Los otros programas de software con esta posibilidad, en términos generales no son utilizados por los investigadores. Esta situación muestra que en Colombia, el uso de herramientas de software que permitirían a potenciales usuarios de tecnología de computación de alto desempeño, hacer uso de la misma para mejorar su productividad, aun es escaso, lo que podría estar contribuyendo al limitado uso de esta tecnología en el sector académico (CBBC,2014).

Los resultados obtenidos sugieren que si bien, en Colombia en el ámbito académico existe una potencial demanda de servicios de computación de alto desempeño, el desconocimiento

⁵ Para identificar si el software empleado por cada grupo de investigación puede hacer uso de tecnología de computación de alto desempeño, se indagó al respecto mediante una lista cerrada de programas de software que en efecto, podrían aplicar esta tecnología.

de los investigadores sobre las opciones de mercado para satisfacer sus necesidades de manejo de grandes cantidades de datos, y el escaso uso que hacen de programas de software que les facilitarían realizar sus actividades con este tipo de tecnología, pueden constituir actuales obstáculos para jalonar una mayor demanda. Se considera que un mayor acercamiento con los grupos de investigación orientado a superar estos dos temas, y a informar con un mayor nivel de detalle sobre los beneficios derivados de externalizar la aplicación de tecnología de computación de alto desempeño, podría no sólo fomentar una mayor demanda de este tipo de servicios, sino también, permitir explorar con mayor nivel de detalle escenarios de posibles usos, con base en los cuales, detectar con un mayor nivel de precisión el perfil del capital humano requerido para satisfacer sus necesidades puntuales (CBBC,2014).

Al indagar a los grupos de investigación con relación al tipo de capital humano que prevén que necesitarán en el mediano plazo para dar tratamiento a sus actividades de investigación y a las cantidades masivas de datos que manejan, en los perfiles relacionados con computación de alto desempeño se encuentran los siguientes: “persona con experiencia en configuración de hardware y software de alto desempeño”; “PhD. en *computer science* y con habilidad en desarrollo de algoritmos para el tratamiento de imágenes hiperespectrales”, “experto en minería de datos”, “experto en visualización masiva de datos”, “científicos computacionales”; “magíster o preferiblemente PhD, en computación avanzada”; “optimización de procesamiento en paralelo”, “procesamiento en paralelo desde SO como Linux”; “expertos certificados en manejo de grandes cantidades de datos”; “administrador y experto en sistemas distribuidos”, “capacidad de compilación y procesamiento en paralelo”; “expertos en distribución de información en varios equipos para supercómputo”; “conocimiento de programación MPI”, “programación GPUs”; “aplicaciones y algoritmos para manejo de grandes cantidades de datos”; “programadores en paralelo y conocimientos en procesamiento paralelo” (CBBC,2014).

En Colombia los nichos de demanda de servicios de computación de alto desempeño con potencial para formar capital humano, son: el sector petrolero, financiero; el sector salud, por ejemplo, para el análisis de imágenes; compañías de desarrollo de juegos y películas digitales para servicios de visualización y computación gráfica (CBBC,2014). A los anteriores, se agrega la demanda de servicios asociados a aplicaciones para el sector gubernamental: 1. la gestión de los recursos naturales y aprovechamiento de la biodiversidad; 2. el estudio y el análisis del clima; 3. la gestión del sector agrícola por ejemplo, en función de las variaciones del clima; 4. la creación de modelos de manejo de basuras; 5. el análisis de variables socioeconómicas por ejemplo, para la construcción de políticas públicas; 6. el fomento de la participación de la población en la toma de decisiones; 7. la gestión y manejo de recursos hídricos y estudio del comportamiento del cauce de los ríos; 8. el análisis de información sísmica; 9. el desarrollo de aplicaciones para las fuerzas militares; 10. El manejo de tráfico urbano; 11. las aplicaciones de seguridad para las ciudades; 12. el manejo de cantidades masivas de datos, por ejemplo, para el proceso de reparación de víctimas del conflicto armado (CBBC,2014).

Para atender estos nichos, los expertos coinciden que en capital humano se requeriría de biólogos computacionales y bioinformáticos, biólogos y agrotecnólogos con la capacidad para hablar un lenguaje común con desarrolladores de software y que tengan conocimientos sobre tendencias tecnológicas. Para el sector salud, además de técnicos, personas que conozcan de computación de alto desempeño; en el sector gubernamental; técnicos que entiendan cómo usar sistemas distribuidos no sólo en computación de alto rendimiento. De igual modo, se necesitan técnicos, magísteres y científicos que además de saber sobre su área de conocimiento, estén en la capacidad de hablar un lenguaje común con el técnico desarrollador de software, es decir, personas con la capacidad de actuar como puentes entre los actuales

potenciales usuarios y los técnicos que los acercarán al uso de tecnología de computación de alto desempeño. Lo que refleja la necesidad de contar con perfiles interdisciplinarios, con competencias tanto técnicas como científicas.

De forma complementaria, se requiere fortalecer las competencias en: cálculo científico; diseño de modelos matemáticos; técnicas de paralelismo y explotación de concurrencias; sistemas operativos en todas las áreas, análisis e interpretación de datos; manejo de algoritmos, minería y almacenamiento de datos; realización de procesos de forma más eficiente en términos energéticos y para esto, desarrollar aplicaciones; programación de alto rendimiento, algoritmos escalables; ambientes de desarrollo paralelo y distribuido, conocimientos en infraestructuras de HOC/HTC. De igual modo, se requiere capital humano con certificaciones específicas y una trayectoria mínima de investigación en el área de dos años; computación paralela y arquitecturas distribuidas (Cluster, GRID y Cloud). Finalmente, a nivel de pregrado se recomienda fortalecer las competencias en matemáticas y física, programación, manejo de algoritmos e interpretación de datos, así como, trabajar en la persistencia de problemas de bilingüismo y habilidades comunicativas para la transmisión de ideas (CBBC,2014).

En cuanto a líneas de investigación, los expertos coinciden en la necesidad de focalizar los recursos y esfuerzos humanos en los siguientes temas: bioinformática, biología computacional, computación científica, modelado y simulación; modelamiento y predicción climática; simulación organizacional; análisis y visualización de big data; arquitecturas paralelas, *Big Data* aplicado a procesos paralelos, datos empresariales y gubernamentales [(CBBC,2014).

En el conjunto de recomendaciones para la estructuración de una oferta educativa se encuentra: 1. Definir áreas temáticas y de trabajo con un carácter prioritario y estratégico que orienten la focalización de recursos y esfuerzos, al igual que la identificación del perfil del capital humano que se requiera formar; 2. Configurar con en el marco de la oferta educativa una estrategia que permita al país formar expertos en temas específicos, con potencial de diferenciación a nivel internacional; 3. Incluir una estrategia de generación de redes para integrar los centros de investigación del país con otros a nivel mundial; 4. Desarrollar mecanismos e incentivos para que actores de otros países vengan a las universidades del país; 5. Realizar alianzas con empresa y fábricas para financiar escuelas de formación, y diseñar de manera conjunta los currículos académicos; 6. Incluir estrategias para que actores del país participen en proyectos explícitos de HPC con actores foráneos; 6. Incrementar la movilidad de profesores y estudiantes a universidades, empresas y centros de supercómputo, para fortalecer la dinámicas de transferencia de conocimiento y tecnología, al igual que, la posibilidad de realizar prácticas (CBBC,2014).

5. Una estrategia de educación mediada por las TIC y la innovación, en biotecnología y computación de alto desempeño, orientados a la generación de ideas de negocios exitosa.

5.1. Principales retos.

Basado en la información obtenida en las indagaciones mencionadas anteriormente, la formación en biotecnología y computación de alto desempeño para Colombia plantea interesantes retos, en procesos educativos, de cobertura y de utilización de TIC aplicados a nuevos conocimientos, en este sentido los principales retos que se deben afrontar son:

1. ¿Cómo garantizar el máximo de cobertura para impactar la mayor cantidad de usuarios posibles?

2. ¿Cómo garantizar que más allá de formar personas, se pueda generar masa crítica para crear un verdadero cluster biotecnológico en Colombia, siendo la educación uno de sus principales pilares?
3. Siendo los dos temas en discusión (Biotecnología y supercomputación), temas que son abordados generalmente desde postgrado ¿Cómo tener victorias tempranas, sin abandonar una estrategia a largo plazo? De tal forma que se pueda seguir incentivado la inversión por parte del estado y la participación del mayor número de personas.
4. Los temas propuestos para desarrollar, son tradicionalmente exigentes en laboratorios húmedos, computación de alto desempeño, técnicas de programación distribuida y big data ¿Cómo podría implementarse una estrategia de educación a distancia, considerando las exigencias disciplinares en cuanto a laboratorios, herramientas e infraestructura de computación avanzada?
5. La intención del gobierno colombiano es que los conocimientos impartidos sean muy prácticos y orientado a problemas reales ¿Cómo realizar contenidos prácticos con expertos que son tradicionalmente teóricos?
6. Los temas a abordar son el mejor ejemplo de intertransdisciplinariedad, son la combinación de teorías de la matemática, la ingeniería y la biología entre otras ¿Cómo abordar estas disciplinas, conociendo que los usuarios llegarán de áreas diferentes que necesariamente tendrán que ser complementadas?

Frente a los seis retos planteados (cobertura, cluster biotecnológico, victorias tempranas, exigencia en laboratorios, soluciones prácticas, interdisciplinariedad) la respuesta transversal es la utilización de herramientas para educación apoyada por TIC, para este documento desglosaremos de forma muy tangencial algunas de las estrategias propuestas y nos centraremos en cuanto a las características de la solución que en este momento se está implementando desde la educación apoyada por tecnologías.

Es importante recalcar que desde donde se está planteando la estrategia no es una universidad, es un Centro de Desarrollo Tecnológico⁶, el cual tiene como principal objetivo la utilización de HPC para la investigación en ciencias de la vida y generar un ecosistema biotecnológico que permita no sólo ampliar la base de conocimiento, si no generar valor comercial desde soluciones basadas en conocimiento.

BIOS cuenta con la mayor infraestructura computacional de América Latina para bioinformática y biología computacional, es ejemplo en la relación universidad, empresa estado, los socios de la institución son por parte del estado el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y COLCIENCIAS, por parte del sector productivo las empresas Microsoft y HP, por parte de la Academia la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Caldas, la Universidad Tecnológica de Pereira y la Universidad del Quindío, BIOS se encuentra ubicado en la ciudad de Manizales Caldas a unos 300 kilómetros de la ciudad de Bogotá la capital de Colombia.

5.2. Soluciones a algunos de los retos.

Parte de las soluciones a las preguntas fundantes de esta propuesta las podemos resumir en:

⁶ Según Colciencias un Centro de Desarrollo Tecnológico, es una organización dedicada a desarrollar tecnología, proyectos de innovación tecnológica, proyectos de apropiación pública de la ciencia o de transferencia de tecnología en el marco de un proyecto de innovación, dotada de administración y de recursos financieros, humanos e infraestructura, destinada a desarrollo de este objeto. (Colciencias, 2015)

1. ¿Cómo garantizar el máximo de cobertura para impactar la mayor cantidad de usuarios posibles?

Para ello se propone desplegar una estrategia de educación blended⁷, se utilizará como plataforma LMS Moodle, esto se combinará con sesiones presenciales en las principales ciudades del país que tengan potencial biotecnológico.

Para ello el público objetivo de las capacitaciones es muy diverso y abarcará todas las etapas de la vida, desde la formación básica hasta la formación postdoctoral, para ello se proponen que las personas que intervendrán en el proceso formativo son: estudiantes y profesores del programa ondas de Colciencias⁸, semilleros de investigación⁹, integrantes de grupos de investigación clasificados en A1¹⁰, empresarios y emprendedores.

Pensando en los usuarios la estrategia se orientará en tres temas Biología computacional, Bionegocios y HPC.

2. ¿Cómo garantizar que más allá de formar personas, se pueda generar masa crítica para crear un verdadero cluster biotecnológico en Colombia, siendo la educación uno de sus principales pilares?

Uno de los principales objetivos es que las personas salgan con ideas de negocios o la mejora en productos o servicios, por ello se propone una formación basada en proyectos, para ello la estrategia será transversalizada por la metodología Canvas¹¹, la identificación de fuentes de financiación y la presentación exitosa de ideas con “Pitch de ventas”.

La última actividad de todas las capacitaciones serán ruedas masivas de negocios, en donde participarán las personas capacitadas con sus ideas, ángeles inversionistas y empresarios, con ello se busca que muchas de las ideas de negocios lleguen a feliz término, impulsando de esta forma las empresas y el emprendimiento nacional.

⁷ Es una aproximación de diseño coherente que evalúa e integra de forma abierta las fortalezas de la formación presencial y on-line, para hacer frente a los objetivos educacionales. (Garrison & Vaughan, 2008)

⁸ El programa Ondas es la estrategia fundamental de Colciencias para fomentar la cultura ciudadana de Ciencia, tecnología e Innovación en la población infantil y juvenil colombiana, a través de la investigación como estrategia pedagógica. Ondas promueve que los niños y las niñas generen investigaciones que buscan la solución de problemas de su entorno, naturales, sociales, económicos y culturales, y desarrollen capacidades y habilidades derivadas de estas nuevas realidades (cognoscitivas, sociales, valorativas, comunicativas, propositivas), para moverse en un mundo que se reorganiza desde nuevos procesos del saber fundados en CTI de cara a la realidad colombiana con responsabilidad social ecológica. (Colciencias, 2015).

⁹ Los semilleros de investigación, son en Colombia una estrategia pedagógica extracurricular que tienen como finalidad fomentar la cultura investigativa en estudiantes del pregrado que se agrupan para desarrollar actividades que propendan por la formación investigativa, la investigación formativa, y el trabajo en red. (Colciencias, 20 de abril de 2006).

¹⁰ La catalogación A1 o también conocida como A plus, es la máxima clasificación que otorga Colciencias a destacados grupos de investigación del país. Esta categoría se le otorga a los trabajos científicos que promuevan el nuevo conocimiento en el área de estudio, la formación de capital humano y la apropiación social del conocimiento (Ministerio de Educación Nacional, 2015)

¹¹ Constituye una herramienta para confeccionar modelos de negocio propuesta por Alexander Osterwalder, donde describe de manera lógica la forma en que las organizaciones crean, entregan y capturan valor. (Generalitat de Catalunya, 2012)

3. ¿Cómo tener victorias tempranas, sin abandonar una estrategia a largo plazo?

Para ello se propone tres etapas en las cuales se generarán: en una primera etapa cursos cortos (2014-2015), una segunda etapa serán diplomados y el acompañamiento a las creaciones de nuevos programas de pregrado y postgrado de las instituciones pertenecientes a BIOS en las áreas discutidas (2015-2016), la tercera etapa será la creación de nuevos programas en convenio con las instituciones pertenecientes a BIOS y aliados internacionales para traer programas de alto nivel a Colombia (2016- 2020), al final se espera que BIOS sea el epicentro de la formación en biotecnología, biología computacional y HPC en Colombia.

4. ¿Cómo podría implementarse una estrategia de educación a distancia, considerando las exigencias disciplinares en cuanto a laboratorios, herramientas e infraestructura de computación avanzada?

Considerando que BIOS ya cuenta con una infraestructura de computación avanzada, se propone afrontar este reto desde tres ópticas, la primera la generación de herramientas y pipelines que automaticen y simplifiquen los procesos más complejos, en especial los análisis bioinformáticos, la segunda está en la generación de laboratorios virtuales que simulen lo que sucede en los laboratorios húmedos, y la última el acceso a máquinas virtuales preconfiguradas, en las que los usuarios desde cualquier parte pueden hacer práctica con gran cantidad de datos y con herramientas complejas.

Lo anterior se combinará con prácticas en los laboratorios húmedos de las universidades socias y la guía de los expertos de cada área.

5. ¿Cómo realizar contenidos prácticos con expertos que son tradicionalmente teóricos?

Para cada uno de los cursos se realizarán equipos de trabajo, en los que se incluirán profesionales académicos con expertos que han tenido experiencias empresariales exitosas alrededor de los temas específicos de las capacitaciones, este mix generará interesantes discusiones, en los que se combinará teoría con práctica, al final se entregarán contenidos teóricos y casos prácticos combinados con prácticas de laboratorio y generación de ideas de innovación y empresariales.

6. ¿Cómo abordar estas disciplinas, conociendo que los usuarios llegarán de áreas diferentes que necesariamente tendrán que ser complementadas?

Para ello se plantea como estrategia la formación por proyectos orientada a una idea de negocios o a la generación o mejora de productos o servicios, para cumplir este objetivo los integrantes de los cursos se inscribirán y organizarán de forma estratégica dependiendo del tema a desarrollar, en general serán grupos en los que se encuentra alguien de ingeniería con uno de ciencias de la vida, el trabajo colaborativo orientado a la generación de ideas, hará que trabajen de forma sinérgica y necesariamente compartan los conocimientos disciplinares de forma natural y autónoma, enfocado al aprendizaje significativo utilizando como mediador la innovación.

5.3. Equipos orientados a la generación de resultados significativos.

Para garantizar los resultados de la estrategia, es fundamental organizar equipos de trabajo con roles muy claros, para ello se definieron los roles que describiremos a continuación.

Equipo experto en generación de contenidos: Este equipo es integrado por expertos temáticos, de cada uno de los módulos, este estará conformado por expertos académicos de la disciplina y por un empresario exitoso que ha puesto en práctica la teoría, este equipo es el encargado de realizar los contenidos académicos, los casos a analizar, propone las prácticas de la unidad y se encarga de asesorar uno de los apartados de la metodología Canvas, en general son los docentes presenciales de los cursos distribuidos por módulos, un ejemplo es el caso de los diplomados que están divididos en 14 módulos, los contenidos se generan en un formato preestablecido, la intención es que el material será un capítulo de libro, al final la suma de todos los módulos serán una primera versión de material de apoyo que se presentará en forma de libro tradicional.

Equipo generador e integrador de contenido digital: Este equipo lo conforman los encargados de la plataforma virtual, ingenieros, diseñadores, comunicadores y asesores pedagógicos, este equipo es el encargado de tomar los contenidos desarrollados por el equipo de expertos en generación de contenido y vuelven interactivo, visualmente agradable y lo integra a la plataforma virtual, además programa prácticas y desarrolla o integra laboratorios virtuales y material multimedial, al final es el grupo encargado de la generación de contenido virtual de la formación, trabajará orientado a que los cursos sean cada vez más virtuales y menos presenciales, esto se dará en la medida que vayan avanzando las diferentes cohortes.

Equipo orientado a la generación de nuevas ideas: Está conformado por las personas inscritas a los diferentes cursos, estos equipos integrarán personas de diferentes disciplinas, edades y formaciones, como requisito mínimo debe haber un experto con fortalezas en programación y un experto de ciencias de la vida¹², como meta final este grupo deberá presentar una idea de negocios, la generación de un nuevo servicio o producto o la mejora de estos, el gran objetivo de este grupo es subir en el escalafón de incentivos de apoyo, estos incentivos tienen varios niveles que comienzan con la presentación de la idea inicial hasta el recibo de apoyo financiero para continuar con la idea.

Equipo de mentores y financiadores: Son representantes de las empresas aliadas, encabezadas por el Ministerio de las TIC con su oficina de FITI (Fomento a la Industria de las Tecnologías de la Información), Apps.co¹³, Microsoft y HP quienes financian la iniciativa, pero lo más importante es que acompañan desde el punto de vista de negocios y financiación los equipos orientados a la generación de nuevas ideas, el gran objetivo de este grupo es fundar de forma exitosa un MIC (Microsoft Innovation Center) en BIOS, sitio especializado para el acompañamiento de emprendedores y empresarios.

Equipo de apoyo y logística: Este equipo apoya el proceso técnico y organizacional de los cursos, es el responsable del éxito operativo de la estrategia.

5.4. Metas propuesta para el año 2015

La estrategia comenzó en el año 2014, en este año se avanzó en la caracterización de la formación en biotecnología y supercomputación, además se impartieron los primeros cursos cortos, la conformación del primer semillero de investigación, los primeros acompañamientos a los grupos ondas, se realizaron las primeras reuniones con grupos de investigación y se logró

¹² En general son médicos, biólogos, agrónomos o veterinarios.

¹³ Iniciativa del Ministerio de TIC orientada a generar Apps.

la aprobación de la Maestría en Bioinformática de la red SUMA¹⁴ de Manizales con el apoyo de la Fundación Luker¹⁵ y BIOS, adicional a recursos de regalías se recibió apoyo de MINTIC para la estrategia por valor de alrededor US\$500.000.

El año 2015 será muy agresivo en términos de resultados, se beneficiarán alrededor de 1.200 personas, se dictarán diplomados en computación científica, análisis de datos biológicos, bionegocios, periodismo científico, cursos cortos en visualización de datos médicos, visualización de datos agro y biotecnología para no biotecnólogos, además se acompañará la creación de tres nuevos programas de pregrado o postgrado y se definirá un plan de formación regional a cinco años entre otras actividades.

Con el apoyo de las instituciones socias de BIOS se espera que el plan siga su curso y sea un referente para otras iniciativas, en especial que logre generar un cluster de biotecnológica basado en conocimiento que de nuevas oportunidades para el desarrollo del país.

¹⁴ La red SUMA está integrado por las Universidades de la ciudad de Manizales, en las que se cuentan la Universidad de Caldas, la Universidad Autónoma de Manizales, la Universidad Católica de Manizales y la Universidad de Manizales.

¹⁵ Fundación de la una de las principales empresas de alimentos de Colombia, uno de sus productos más conocidos es el chocolate Luker.

Bibliografía

Centro de Bioinformática y Biología Computacional de Colombia – CBBC (2014). “Levantamiento de oferta y demanda nacional educativa en biotecnología y computación de alto desempeño”.

Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) –Departamento de Planeación Nacional (2011); Documento Conpes 3697 de Política pública para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/measures/abs/post-protocol/msr-abs-co-es.pdf>

European Commission-(2015). “A definition of biotechnology”. Recuperado de: http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/biotechnology/what-is-biotechnology/definition/index_en.htm

INNpuls Colombia, Bancoldex, Departamento Nacional de Planeación-DNP, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). “Estudio sobre el potencial de la industria de biotecnología en el país. Entregable A- Mapa de capacidades y potencial de transferencia biotecnológica”. Recuperado de: <https://www.ptp.com.co/documentos/Estudio%20Potencial%20de%20la%20Industria%20de%20Biotecnologia%20en%20el%20Pais%20Parte%20A.pdf>

Ministerio de Educación Nacional (2006), “Plan Decenal Nacional de Educación 2006-2016”. Recuperado de: http://www.plandecenal.edu.co/html/1726/articles-166057_edinicial.pdf

Ministerio de Educación Nacional (2014). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior-SNIES. Recuperado de: <http://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-propertyname-2672.html>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (2013). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2013). Recuperado de: http://www.fiti.gov.co/Images/Recursos/5_Plan_Nacional_de_CTI.pdf

RISC (2011). “European Community Report on Latin America an European Union Oportunities”, Recuperado de: <http://dcafm6pni3uwy.cloudfront.net/wp-content/uploads/2014/03/RISC-D2-4-ReportOnLAandEUoportunities-v1-0.pdf>

(Colciencias, 20 de abril de 2006). Los semilleros de investigación, una cultura de investigación formativa. Recuperado de: http://www.semanaciencia.info/article.php?id_article=99

Colciencias. (20 de abril de 2015). “Colciencias abre convocatoria para fortalecimiento de centros de investigación, desarrollo tecnológico y parques de ciencia y tecnología. Definición de Centro de Desarrollo Tecnológico”. Recuperado de: <http://www.colciencias.gov.co/noticias/colciencias-abre-convocatoria-para-el-fortalecimiento-de-centros-de-investigaci-n-desarroll>

Garrison & Vaughan (2008). *Blended Learnign in higher education*. San Francisco, United States of America. HB Printing

Generalitat de Catalunya. (2012). "Herramientas para elaborar el modelo de negocio". Recuperado de: <http://www.idi.es/docs/Model%20de%20negoci.pdf>

Ministerio de Educación Nacional. (20 de abril de 2015). "Investigación catalogada en A1". Recuperado de: <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/investigadores/1609/article-195304.html>

Colciencias. (20 de abril de 2015). ¿Qué es programa ONDAS?. Recuperado de: <http://www.colciencias.gov.co/faq/que-es-programa-ondas>