

LA E-CIENCIA, UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO, ECONÓMICO Y SOCIAL DEL PAÍS*

Dago Hernando Bedoya Ortiz, Luis Alejandro Flétscher Bocanegra
Universidad Católica Popular del Risaralda, Pereira (Colombia)

Resumen

El presente artículo se estructura, como una socialización de los resultados del proyecto de investigación: “*Estado, desarrollo y perspectivas de las Redes Regionales Académicas de Alta Velocidad (RRAAV)*”, inscrito en el Centro de Investigaciones de la Universidad Católica Popular del Risaralda, en el marco de la convocatoria interna 006 del 2006.

Así mismo, se convierte en marco contextual de la ponencia “Las redes académicas de alta velocidad: soporte a la formación de ingenieros para el nuevo milenio”, presentada en el marco del VI Congreso Iberoamericano de Enseñanza de la Ingeniería y XXVII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería de ACOFI y VI Encuentro Iberoamericano de ASIBEI, la cual fue reconocida con el Premio ACOFI, Primer lugar, Modalidad Presentación en Póster.

El documento plantea un modelo de desarrollo de la e-ciencia en el país, enfatizando en su impacto científico, económico y social, y en la manera en que las aplicaciones soportadas con tecnologías avanzadas afectan la formación de los Ingenieros.

Palabras clave: redes académicas de alta velocidad, nuevas tecnologías aplicadas a la educación, e-ciencia.

Abstract

This article is structured as a socialization of the results of the research project: «State, development and perspectives of the Academic Regional Networks of High-Speed (RRAAV)», registered at the research center of the Universidad Católica Popular del Risaralda, within the inner announcements 006 2006.

Likewise, it becomes in the contextual framework of the paper «The high-speed academic networks: support to the formation of engineers for the new millennium», presented in the VI Ibero-American Congress of Engineering Education and XXVII National Meeting of Engineering Schools from ACOFI and VI Iberoamerican Meeting of ASIBEI, in which it was recognized by the “Premios ACOFI”, First Place, Poster Category.

The paper presents a model of development of the e-science in the country, emphasizing in its scientific, economic and social impact, and in the way in which applications supported with advanced technologies affect the formation of engineers.

Keywords: high speed academic networks, new technologies applied to education, e-science.

* Trabajo acreedor del Premio ACOFI 2007, Primer Lugar, Modalidad Póster. “El profesor de ingeniería, profesional de la formación de ingenieros”. XXVII Reunión Nacional y VI Encuentro Iberoamericano, Cartagena de Indias (Colombia), Octubre de 2007

Introducción

Con la creación de Arpanet, la que posteriormente evolucionó en lo que hoy se conoce como Internet, hace su aparición un nuevo concepto, el de “Red Académica de Alta Velocidad (RAAV)”¹; entendida como una red tecno-económica¹ apoyada por enlaces de comunicación de gran capacidad de transmisión que persiguen el desarrollo científico, académico e investigativo de una región particular, a la vez que generan conocimiento y progreso económico - social; convirtiéndose en punto de apoyo para la infraestructura de alto nivel científico en I+D² de los países.

En este contexto, hace su aparición igualmente el término *e-ciencia*, atribuido originalmente al Director General de Consejos de Investigación de Ciencia y Tecnología de Inglaterra (OST), el Dr. John Taylor, basando su filosofía en la incremental dependencia de la ciencia actual al trabajo colaborativo apoyado por redes de alta velocidad.

La e-ciencia podría definirse entonces, como la generación de ciencia, innovación y nuevo conocimiento apoyado por las TIC; las cuales proveen altas velocidades de transmisión, almacenamiento y procesamiento, facilitando el acceso a recursos a gran escala, fomentando el trabajo colaborativo entre grupos y permitiendo la interacción a nivel global.

Esferas de la e-ciencia

Buscando realizar un análisis sistémico de las relaciones resultantes de la e-ciencia y su impacto en el desarrollo económico y social, se ha planteado

un modelo basado en diagramas de Venn, originario de la teoría de conjuntos. Dicho modelo permite visualizar tres esferas con sus posibles relaciones, las cuales pretenden dar respuestas a inquietudes tales como ¿qué es la e-ciencia?, ¿Qué áreas incluye la e-ciencia?, ¿Estas relaciones qué impacto tienen en la sociedad científica y cuál es su posible aplicación social?, ¿Qué impacto tienen en el desarrollo económico y social de un país?, ¿Quiénes y cómo deben participar en su desarrollo?

Igualmente, resulta fundamental recalcar que la estructura del modelo es de carácter bidimensional en su totalidad, no requiriendo de un orden específico para su análisis. Así mismo, las interacciones son de tipo complejo, lo que permite que todas las esferas se puedan relacionar entre ellas.

Este modelo está planteado desde la potencialidad del término, es decir, busca ante todo maximizar los posibles impactos positivos que dichos desarrollos, fruto de las interacciones entre los actores, puedan tener en las diferentes dimensiones de la sociedad.

Escenarios de la e-ciencia

Se entiende por escenarios de la e-ciencia, aquellos espacios donde se desarrolla y se intercambia producción científica; incluyendo además de los tradicionales (Laboratorios científicos, instituciones universitarias, laboratorios de empresas de I+D, centros de investigación, entre otros), los nuevos espacios digitales en donde con apoyo de TIC se adelantan procesos de investigación, siendo estos, recursos que acercan a los científicos, aumentan la capacidad de procesamiento y almacenamiento, y sirven para difundir avances de la ciencia y las aplicaciones desarrolladas en torno a ella.

¹ «... es un conjunto coordinado de actores heterogéneos –por ejemplo: laboratorios públicos, centros de investigación tecnológica, empresas, organizaciones de financiación, usuarios y gobierno- que participan activamente en la concepción, desarrollo, producción y distribución o difusión de procedimientos para producir bienes y servicios, algunos de los cuales dan origen a transacciones de mercado.» (Callon 1992:73)

² “El término I+D engloba tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. La **investigación básica** consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden fundamentalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada. La **investigación aplicada** consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico. El **desarrollo experimental** consiste en trabajos sistemáticos basados en los conocimientos existentes, derivados de la investigación y/o la experiencia práctica, dirigidos a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; al establecimiento de nuevos procesos, sistemas y servicios; o a la mejora sustancial de los ya existentes.” (Manual de Frascati, 1993:13).

Estos nuevos escenarios, soportados por las RAAV, son el objeto de análisis del presente artículo, prestando especial atención a su integración con los espacios tradicionales, las oportunidades que surgen de su interacción y las relaciones que posibilitan el tener una ciencia para la aldea global³.

A su vez, es importante evidenciar que el elemento adicional que aporta la e-ciencia es la posibilidad de comunicación a altas velocidades de esos escenarios y la capacidad de procesamiento de las maquinas conectadas a ellos; permitiendo así darles un enfoque más público y llevar a otros niveles las facilidades científicas de un país, puesto que se utiliza mejor la infraestructura disponible, se brindan mayores posibilidades de interacción con otras comunidades científicas, se acercan distancias y ante todo, aumenta la capacidad de procesamiento masivo, una de las grandes limitaciones en los escenarios tradicionales.

Bajo este modelo, los escenarios tradicionales de la ciencia se enriquecen con el nuevo panorama propiciado por la aparición de las Redes Académicas de Alta Velocidad, generando un sistema de conexión que comienza a estructurarse desde lo local, pasando por lo regional, hasta alcanzar finalmente posibilidades en el contexto mundial.

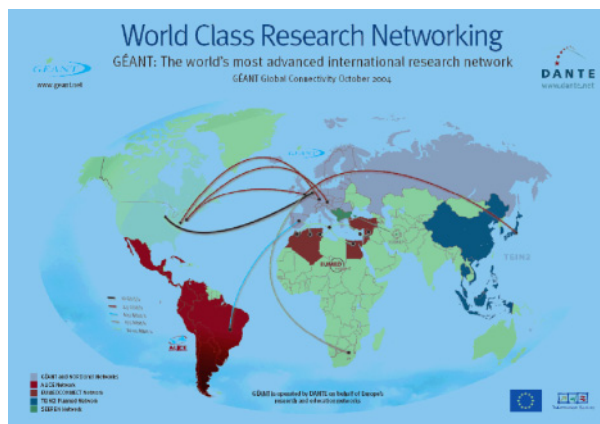
El movimiento mundial

A raíz de la dinámica vivida por Internet a lo largo del mundo se desarrollaron diversos proyectos encaminados a la constitución de Redes Académicas que permitieran establecer un verdadero mecanismo de colaboración científica y tecnológica, libre del acoso comercial predominante en la red de redes; llegando a tener hoy en día organizaciones continentales y mundiales que se encargan de facilitar la conexión de las RAAV nacionales con sus correspondientes del resto del planeta.

Para lograr este objetivo de trabajo conjunto, las diferentes Redes Regionales establecen consorcios que permiten su interconexión a través de enlaces interoceánicos de muy alta velocidad alcanzando de

esta forma un verdadero entorno de cooperación global, tal y como se observa en la figura 1.

Figura 1. La creación de redes de investigación de clase mundial



Fuente: <http://www.geant2.net>

De esta manera, cada país ha diseñado una estructura de red que apoya sus procesos científicos y tecnológicos, encontrando que en la actualidad algunas de las principales de redes académicas de alta velocidad son las presentadas en la Tabla 1:

Tabla 1. Principales Redes Académicas de Orden Mundial

RED	REGION
Internet 2 http://www.internet2.edu	Estados Unidos
CANARIE http://www.canarie.ca	Canadá
DANTE http://www.dante.net	Inglaterra
APAN http://www.apan.net	Asia y el Pacífico
GEANT – GEANT 2 http://www.geant.net http://www.geant2.net	Europa
ALICE http://www.alice.net	Latinoamérica - Europa
CLARA http://www.redclara.net	Latinoamérica

Bajo este panorama, se están creando nuevas redes dedicadas exclusivamente a la academia y la investigación, viviendo cada una desarrollos particulares dependiendo del país, pero manteniendo

³ El concepto de “aldea global” es introducido por McLuhan, visionando la destrucción de las fronteras y la transformación de la sociedad debido a las comunicaciones y al progreso tecnológico.

en general una constante que evidencia un proceso incremental de evolución que va de lo más local a lo más global.

El caso colombiano

Para mostrar de una forma más concreta dichas evoluciones, se tomará como caso de estudio el proceso colombiano, liderado por la Red Nacional de Tecnología Avanzada (RENATA), encargados de la creación y conformación de la Red Académica de Alta Velocidad para nuestro país.

Tal como se había mencionado anteriormente, el proceso de conformación de las RAAV tiene su inicio en las denominadas *Redes Regionales de Alta Velocidad (RRAV)*, término bajo el cual se designan las redes estructuradas en cada una de las regiones integrantes del país, y quienes posteriormente entran a conectarse a la red nacional.

Si bien es cierto, el concepto de región es muy familiar para todos, en la práctica el término puede generar confusiones en su definición ya que es muy difícil delimitar de forma precisa este espacio, quedando así el interrogante ¿qué se entiende por región?

Buscando generar uniformidad en los desarrollos, el criterio que se asumió inicialmente fue el de tomar las ciudades principales como regiones conectadas, apareciendo de esta forma redes regionales de ciudades entre las que se cuentan: RUMBO⁴ (Bogotá), RUMBA⁵ (Barranquilla), RUANA⁶ (Medellín), RUAV⁷ (Cali), RUP⁸ (Popayán), UNIRED⁹ (Bucaramanga).

Posteriormente, como un nuevo paso en la evolución del concepto de región, aparece la red RADAR¹⁰, la cual desborda la red regional de ciudad manejada hasta ese momento y la lleva a un escenario de diversos departamentos conectados a través de la

misma red. Es así, como mediante un esfuerzo colectivo, se integran cinco departamentos (Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima y Huila), logrando de esta manera estructurar la red más grande del país y cambiando el panorama de conexión de la red RENATA, como lo muestra la siguiente gráfica.

Figura 2. Regiones conectadas a RENATA



Fuente: Grupo Campus Virtual Pereira

Una vez conformadas las Redes Regionales, en cualquiera de sus modalidades (de ciudad o departamentos), estas se conectan a la red RENATA (Red Nacional para nuestro país), quien a su vez posee conexión a otras redes regionales latinoamericanas concentradas en la red CLARA, la cual finalmente es la encargada de integrarse a otras redes internacionales como la red Internet2 en USA, Geant en Europa o Apan en el Asia, logrando de esta forma una integración a escala mundial.

Dicha posibilidad de interacción, comunicación y acceso a recursos de procesamiento a nivel mundial, potencia inmensamente a la comunidad científica y tecnológica de los países, ya que pone a su

⁴ RUMBO: Red Universitaria Metropolitana

⁵ RUMBA: Red Universitaria Metropolitana de Barranquilla

⁶ RUANA: Red Universitaria Antioqueña

⁷ RUAV: Red Universitaria de alta velocidad (Valle del Cauca)

⁸ RUP: Red Universitaria de Popayán

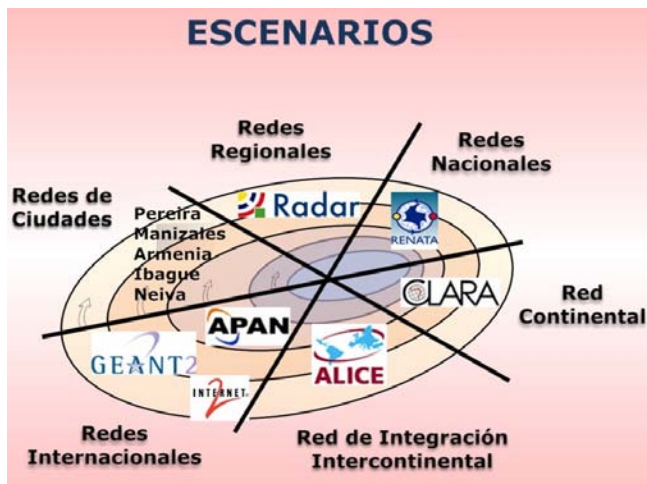
⁹ UNIRED: Corporación Red de universidades del Area Metropolitana de Bucaramanga

¹⁰ RADAR: Red Academica de Alta Velocidad Regional

disposición recursos con los que anteriormente no contaba, haciendo de las redes de alta velocidad un elemento de primer orden para nuevos procesos de generación de conocimiento globalizado.

En la siguiente gráfica es posible observar la dinámica de consolidación de escenarios, planteada y elaborada por los autores, donde se evidencia el proceso de evolución seguido desde lo local hacia lo global, tal como fue planteado anteriormente.

Figura 3. Escenarios necesarios para la e-ciencia



Fuente: Elaboración de los autores.

Así mismo, es fundamental recalcar que este es un proceso sistémico y que tal como se había mencionado anteriormente, dependiendo del modelo que pretenda implementar cada país, puede cambiar. Al respecto, Colombia es uno de los pocos países que utiliza todo el ciclo, comenzando por las redes de ciudades, hasta llegar a las redes internacionales.

Desarrollo de la infraestructura

Si bien es cierto, la creación de estos nuevos escenarios puede resultar costosa, existen dos caminos diferentes para consolidar la conectividad requerida. En primera medida cada región puede crear y comprar su propia infraestructura, como la han hecho algunas ciudades (Manizales, Bogotá), lo que obviamente implica una mayor demanda de recursos tanto económicos como técnicos, pero da la posibilidad de tener independencia en cuanto a los procesos de evolución de la red.

Por otro lado, como segunda alternativa y la más utilizada actualmente, se encuentra el hacer uso de los tendidos físicos ya implantados por las empresas de Telecomunicaciones. Particularmente en este caso, en nuestro país existe una amplia gama de posibilidades, ya que se cuenta con diversos proveedores nacionales y multinacionales que ofrecen una gama de tecnologías y costos, permitiendo encontrar la mejor opción de acuerdo a los requerimientos específicos de cada red.

Es así, como cada operador de telecomunicaciones tiene una infraestructura disponible y en la mayoría de los casos subutilizada, siendo fundamental entrar en procesos de negociación con miras a obtener un beneficio mutuo y que los lleve a establecer compromisos que permitan a la academia utilizar sus canales de comunicación con el fin de generar ciencia y tecnología, y con ello, aportar al desarrollo científico, económico y social de la región.

De esta forma, en la medida que el proveedor de telecomunicaciones se convenga de este objetivo será más fácil y económico iniciar el proceso de creación de los escenarios de red, sin embargo, en la mayoría de los casos este trabajo de convencimiento no es sencillo, pues normalmente dichos proveedores son empresas transnacionales que no tienen como prioridad el desarrollo regional y cuyo principal objetivo está relacionado con la generación de utilidades económicas para si mismos.

A pesar de lo mencionado anteriormente, el camino más rápido para el despliegue de infraestructura tecnológica de la red regional de alta velocidad es precisamente el utilizar las capacidades de los proveedores de Telecomunicaciones, modelo que ha sido utilizado por redes como la de Medellín, Cali, Popayán, Bucaramanga, Barranquilla y la ya mencionada red RADAR.

Servicios

Desde el punto de vista académico, la colaboración científica e investigativa se desarrolla mediante la implementación de proyectos conjuntos que son soportados por las facilidades de la Red, así como mediante la posibilidad de acceder a información,

profesionales especializados o recursos tecnológicos que no posee una institución pero que están disponibles a través de otro de los miembros de la RAAV.

En este marco, se entiende por servicios, las aplicaciones y los recursos reales y prácticos que pueden ser utilizados para I+D y que emplean la infraestructura de red generada por la esfera de los escenarios.

Esta es una de las esferas que más esfuerzo requiere, y es allí donde realmente se logra evidenciar la utilidad práctica del modelo, ya que dichos servicios dan cabida a transacciones de mercado e información, convirtiéndose en fuente potencial de desarrollo económico y social.

Como una aproximación inicial se ha tratado de establecer una clasificación para dichos servicios, sin embargo, es importante comprender que esta taxonomía es un proceso dinámico que se tiene que revisar constantemente y actualizar a las nuevas tendencias y avances presentados en este campo.

La clasificación presentada a continuación hace parte de la ponencia “Las redes académicas de alta velocidad: soporte a la formación de ingenieros para el nuevo milenio”, presentada en el marco del VI Congreso Iberoamericano de Enseñanza de la Ingeniería y XXVII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería de ACOFI y VI Encuentro Iberoamericano de ASIBEI, la cual fue reconocida con el Premio ACOFI, Primer lugar, Modalidad Presentación en Póster.

- *Acceso a recursos remotos (Instrumentación Remota, telescopios, microscopios, laboratorios virtuales o e-labs, mediciones)*¹¹.

Los laboratorios son un insumo muy importante para la ciencia y la tecnología, “en todas las

sociedades que disfrutaban de un cierto nivel cultural, hacen su aparición, de vez en cuando, hombres de ciencia competentes y humanistas de talento. Pero la significación social de la ciencia y de la tecnología depende de un determinado número de condiciones, entre ellas hay que nombrar la educación elemental y secundaria generalizada, buenas universidades y laboratorios, que puedan asegurar la formación ininterrumpida de un mínimo de investigadores y técnicos—, que actúan sobre el desarrollo económico de la nación.” Por consiguiente, adquirir recursos avanzados de laboratorios en las universidades no es tarea fácil, máxime cuando estos recursos tienen que ser importados y normalmente terminan siendo subutilizados. En este entorno, es donde entran a desempeñar un papel protagónico las RRAAV, ya que por medio de ellas es posible compartir y simular recursos de laboratorio, haciendo más eficiente la enseñanza y maximizando los recursos existentes.

- *Procesamiento masivo y distribuido (GRID's¹², Almacenamiento Distribuido¹³, Servicios Web Caché¹⁴, Mirror¹⁵, Supercomputación¹⁶, Cluster¹⁷)*. El almacenamiento y procesamiento de información es fundamental al momento de realizar procesos complejos de ingeniería, en especial, por las capacidades requeridas. De esta forma, con las redes de próxima generación, es posible alcanzar altos niveles de procesamiento y almacenamiento, mediante la cooperación y paralelización de recursos informáticos disímiles y distantes físicamente.
- *Ambientes y Modelos Virtuales (Simulación Digital, 3D, 4D, Based Manufacturing Design System)*. El poder simular el comportamiento de un sistema o modelo, permite tomar mejores decisiones a nivel ingenieril, la generación de visualizaciones

¹¹ Son laboratorios o recursos que aunque siendo físicos, pueden ser operados y compartidos por medio de una red, o recursos electrónicos que simulan de forma digital procesos propios de un laboratorio.

¹² Permite compartir recursos heterogéneos de computación que están en diferentes lugares, para procesamientos complejos.

¹³ Posibilidad de almacenar en diferentes equipos al tiempo.

¹⁴ Permite almacenar las páginas web consultadas por una red para ser accedidas rápidamente.

¹⁵ Computador que contiene toda la información o parte de otro.

¹⁶ Son computadores de alto desempeño.

¹⁷ Conjunto de equipos informáticos interconectados entre sí con el fin de compartir sus capacidades de procesamiento y funcionar como una sola máquina

3D dan mayor realismo a estos modelos, a la vez que la simulación en 4D permite corroborar el comportamiento de los objetos incluidos en la prueba, todo este proceso requiere un alto nivel de procesamiento que puede ser apoyado por RAAV, llevando a un nivel superior la educación y el ejercicio de la ingeniería.

- *Recursos de citación y publicación (Bibliotecas Digitales, Sistemas de Indexación Audio Visual, Directorios Digitales, Manejadores de Contenido, bases de datos digitales.)*

Las RAAV permiten almacenar, consultar y maximizar información de tipo académico, que es de mucha utilidad para procesos de investigación y docencia, “incrementaría las citaciones de las investigaciones y de los investigadores y sus publicaciones, por lo tanto a través de RENATA se podrá ayudar al incremento de los indicadores nacionales e internacionales sobre producción científica.” (Comité técnico RENATA, 2006)

- *Comunicaciones Presenciales Integradas (Video, VoIP¹⁸, Datos, Video On Demand, Videoconferencia, Colaboración Interactiva, TV de Alta Definición, multimedia - streaming).*

La velocidad con las cuales las RAAV se comunican, dan paso para utilizar recursos de video y audio de alta calidad, acercando expertos hasta sitios alejados, habilitando la posibilidad de tener especialistas en varias partes al tiempo, compartiendo información con comunidades académicas, disminuyendo los costos y tiempos de desplazamiento y maximizando a su vez los recursos. De tal forma que más allá de escuchar y ver al experto, también es posible que haga demostraciones de sus teorías utilizando recursos que están en diferentes sitios.

- *Educación (e-learning, e-teaching, Bibliotecas, Objetos de Aprendizaje, Capacitación y Difusión, Ambientes Virtuales, Aplicaciones Educativas Emergentes, Learning Ware, Educación Distribuida).* Las redes como RENATA están en capacidad de seguir manejando los recursos disponibles de educación virtual, pero sin la limitación de ancho de banda que restringía la producción de objetos virtuales de aprendizaje en Internet.

- *Telemedicina (e-health, Telesalud).*

Una de las aplicaciones de mayor utilidad para la comunidad es poder desarrollar soluciones encaminadas a mejorar y atender problemas de salud, allí hay todo un campo de estudio que da infinitas posibilidades de aplicación y de beneficios sociales.

- *Teleinmersión (Entorno Virtual Compartido en Tiempo Real, realidad virtual).*

Reproducir la realidad mediante el potencial de recursos informáticos, es un proceso de mucha utilidad para la investigación y la docencia, pero este recurso aún está en desarrollo.

- *Canales de Investigación, e-ciencia.*

En el termino e-ciencia confluyen todos los esfuerzos de las redes académicas de alta velocidad, en palabras simples, este concepto define a aquellas actividades científicas que se desarrollan a través de la utilización de recursos geográficamente distribuidos a los que se accede mediante redes de datos.

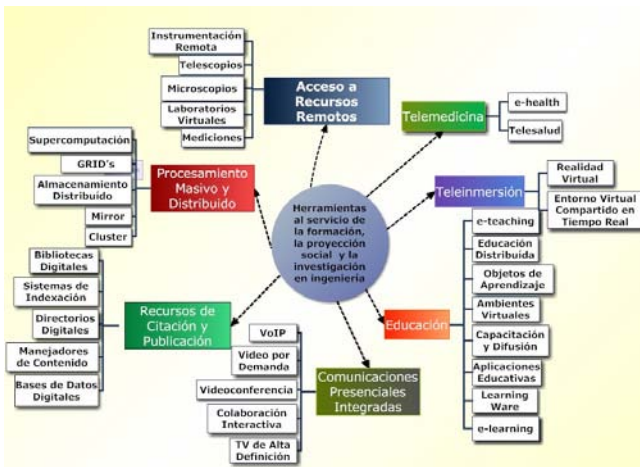
“Sin embargo, recursos como los señalados no se satisfacen con la Internet comercial, ellos requieren de redes de alta velocidad dedicadas -las denominadas Redes Académicas Avanzadas o Redes de Investigación y Desarrollo-. Éstas y las aplicaciones de trabajo colaborativo que en ellas se desarrolla, están creando un escenario ideal para la interacción efectiva entre los investigadores.” (Reuna,6:2006) y es por ello que para poder desarrollar la esfera de los servicios es casi imprescindible que se desarrolle la esfera de los escenarios.

Igualmente es fundamental lograr que los servicios generados en las Redes Académicas de Alta Velocidad lleguen y sean aprovechados rápidamente por la industria, para que nuevos productos fruto del esfuerzo de científicos apoyados por esta infraestructura, terminen en innovaciones que transformen realidades y posibiliten la generación de riqueza y bienestar para mejorar el nivel de vida de los habitantes.

El tema de los servicios es un aspecto álgido que plantea dos posibles opciones para su despliegue,

¹⁸ Comunicaciones a través del protocolo IP soportado por las redes de datos.

Figura 4. Servicios para la e-ciencia



Fuente: Elaboración de los autores

por un lado los científicos pueden enfocar sus recursos hacia el desarrollo de servicios propios para el continente, lo que permitiría alcanzar una autonomía frente a las potencias. Por otro lado, se puede asumir una posición pasiva encaminada a esperar que los países desarrollados avancen en las áreas referidas a servicios para su posterior adaptación y explotación de acuerdo a las necesidades particulares, sin embargo, esto simplemente generará una mayor dependencia hacia ellos, aumentando así el atraso científico y tecnológico del continente.

Si bien, como se mencionó anteriormente, tomar una posición de globalización pasiva¹⁹ puede ser una opción, esta no debe ser una decisión de la comunidad científica latino-americana, por el contrario, la respuesta ante esta disyuntiva radica en proponer y defender nuestra forma de pensar y actuar, la única respuesta es ser activos en los avances que subyacen en las tecnologías de información y comunicación y proponer soluciones propias.

El mundo de la e-ciencia apenas está iniciando su desarrollo, razón por la cual son infinitas las posibilidades tanto a nivel científico, social y

económico; esperar más tiempo para generar soluciones propias es aceptar la incapacidad científica y entregarse nuevamente al colonialismo, aceptando las teorías de la “distribución internacional del trabajo”,²⁰ donde América Latina solo es generadora de productos primarios que son procesados y revendidos por parte de los países desarrollados.

Conforme a lo planteado anteriormente se hace más notoria la necesidad de maximizar las nuevas capacidades provistas por las redes y los computadores y ponerlas al servicio del desarrollo de la región, lo que es materializado desde la comunidad científica, con apoyo del estado y la relación activa con la industria, requiriendo por lo tanto de la interacción de los diversos actores involucrados.

Actores

El planteamiento de los actores de la e-ciencia, a la par de ser novedoso, también resulta algo extraño, máxime cuando en el recorrido de investigación sobre dicho tema no se hace referencia en ningún momento a las personas que explotarán o serán beneficiadas por este tipo de iniciativas, dando la impresión que el desarrollo fuera exclusivo de las máquinas y que correspondiera solamente a ellas la obtención de resultados.

Si bien es cierto las máquinas y la red son fundamentales en este proceso, no se debe perder nunca de vista que estas son solo herramientas, siendo por consiguiente fundamental y prioritaria la intervención humana, ya que sin ella sería imposible pensar en la posibilidad de algún tipo de desarrollo. De esta manera, esta esfera se convierte en el pilar más importante del modelo, siendo de suma importancia contar con una buena base de actores interesados, preparados y comprometidos en el despliegue de las demás esferas, garantizando de esta manera el futuro del proceso.

¹⁹ “Países que abrieron totalmente sus economías y sus esferas culturales, sin poner ningún tipo de restricciones a los poderosos actores y factores internacionales —de carácter privado, estatal o supragubernamental” (Sidicaro,2007)

²⁰ “El orden de la “economía-mundo” tendía a estructurarse como una “división internacional del trabajo” en torno del intercambio entre un “centro” productor de bienes manufacturados y una “periferia” abastecedora de productos primarios. En ese marco tuvo lugar, durante la segunda mitad del siglo XIX, la inserción de América Latina en el orden económico internacional, como periferia de la economía metropolitana cuya posición dominante estaba sólidamente afirmada en su capacidad industrial.” (Arocena,68:2003)

Para soportar el análisis de actores se recurrió al clásico modelo de la escuela de pensamiento latinoamericano de ciencia, tecnología y sociedad, y en especial a los postulados de Jorge Sábato, principalmente en lo que se ha llamado el triángulo de Sábato. En palabras del mencionado autor: “Enfocada como un proceso político consciente, la acción de insertar la ciencia y la tecnología en la trama misma del desarrollo, significa saber dónde y cómo innovar. La experiencia histórica demuestra que este proceso político constituye el resultado de la acción múltiple y coordinada de tres elementos fundamentales en el desarrollo de las sociedades contemporáneas: el gobierno, la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica. Podemos imaginar que entre estos tres elementos se establece un sistema de relaciones que se representaría por la figura geométrica de un triángulo, en el cual, cada uno de ellos, ocuparía su vértice respectivo...”

A partir de la gran revolución científica-tecnológica de la segunda mitad del siglo XX, es imposible imaginar un esfuerzo sostenido y constante en ciencia y tecnología, sin tener en cuenta un presupuesto básico: que la generación de una capacidad de decisión propia, en este campo, es el resultado de un proceso deliberado de interrelaciones entre el vértice-gobierno, el vértice-infraestructura científico tecnológica y el vértice-estructura productiva. Este proceso se establece a través del flujo de demandas, que circulan en sentido vertical (interrelaciones recíprocas entre el vértice-gobierno y los vértices infraestructura científicotecnológica y estructura productiva) y en sentido horizontal (interrelaciones recíprocas entre los vértices infraestructura científico-tecnológica y estructura productiva).” (Sábato y Botana, 64:1970).

Conforme a lo expuesto anteriormente, el mapa de actores planteado inicia con la relación de la academia, el gobierno y empresas de I+D, siendo complementado y articulado por la presencia de la sociedad civil, la cual debe ser el objetivo de los avances que se obtengan en la e-ciencia. Por consiguiente, no solo se pretende desarrollar ciencia de alto nivel, si no que adicionalmente se busca un impacto en el ciudadano común, convirtiéndose este por lo tanto, en un polo a tierra para la e-ciencia.

El papel de la academia

Desde el punto de vista de la academia, se hace necesaria la participación activa y dinámica de los grupos de investigación, entendidos como lo plantean Mariela Blanco y Judith Sutz en su artículo “Las formas colectivas de la investigación universitaria”. En dicho artículo se presentan los grupos de investigación como “colectivos de personas que colaboran sistemáticamente en actividades de producción de conocimiento, como la forma organizativa predominante en la investigación universitaria, en torno a la cual se articulan y adquieren sus características distintivas las actividades de investigación. Entendemos por grupos de investigación a entidades de carácter colectivo dentro de una determinada institución que operan sin necesidad de revestir en ella un estatuto administrativo específico. Se insertan, por lo general, en planos intermedios de las divisiones administrativas reconocidas, constituyendo un nivel meso entre el nivel micro del investigador individual y el nivel macro de sus instituciones de pertenencia.” (Bianco et al., 27:2005); según lo cual sobre los grupos de investigación recae la responsabilidad de desarrollar y poner en funcionamiento los productos de la e-ciencia.

En los grupos de investigación se hace énfasis en tres actores principales: científicos, ingenieros y estudiantes; podría decirse que los dos primeros no necesitan mucha justificación, pero ¿el papel de los estudiantes? Esta es una pregunta de difícil respuesta, ya que, por un lado, algunos argumentan que solo se puede hacer investigación después de poseer formación a nivel de doctorado; mientras que otros no lo consideran así y valoran los aportes que los jóvenes investigadores pueden realizar durante su proceso de formación.

En el caso del modelo planteado, se considera necesario que los estudiantes, tanto de pregrado como de postgrado, participen y se articulen como nuevos actores, ya que en ellos se encuentra gran parte del futuro de la e-ciencia. Por lo tanto, este esquema de participación científica demanda romper paradigmas de pensamiento, donde el trabajo de los jóvenes es uno de ellos, tratando que su buena formación y la experiencia que logren acumular, permitan obtener resultados más rápidos.

Así mismo, no se debe olvidar que los procesos de e-ciencia son productos que resultan de trabajos transdisciplinarios, los cuales sin abandonar el modo 1 de investigación, reúnen todos los requisitos necesarios para aplicar la investigación modo 2, que en palabras de Gibbons (1997), presentan la siguiente diferenciación: “En el modo 1 se plantean y se solucionan problemas en un contexto gobernado por los intereses, en buena parte académicos, de una comunidad específica. En contraste, el conocimiento del modo 2 se lleva en un contexto de aplicación. El modo 1 es disciplinar, mientras que el modo 2 es transdisciplinar. El modo 1 se caracteriza por la homogeneidad, el modo 2 por la heterogeneidad. Organizativamente el modo 1 es jerárquico y tiende a preservar su forma, mientras que el modo 2 es más heterárquico y transitorio. El modo 2 es socialmente responsable y reflexivo.” (Gibbons,14:1997).

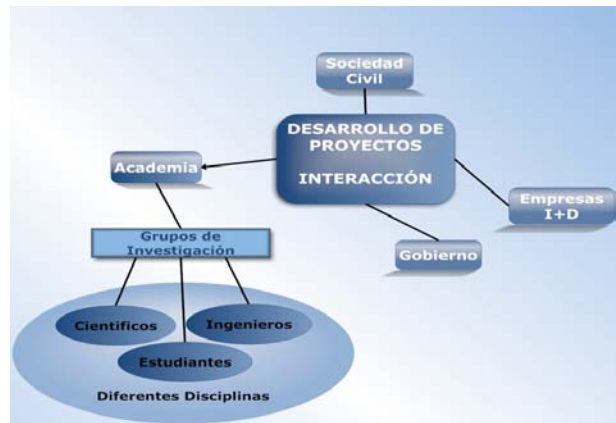
De esta forma, el mismo Gibbons hace evidente la necesidad de organizaciones como las redes académicas de alta velocidad para soportar procesos de investigación modo 2, por ello en su obra argumenta “Las tecnologías de la información y la comunicación, han creado una capacidad que permite interactuar a estos lugares. El modo 2 depende críticamente de las emergentes tecnologías de los ordenadores y de las telecomunicaciones, y favorecerá a aquellos que puedan permitir utilizarlas... El resultado puede describirse como un sistema socialmente distribuido de producción de conocimiento” (Gibbons, 23:1997).

Conforme al marco planteado anteriormente, el trabajo interdisciplinar o transdisciplinar es indispensable para la generación de conocimiento apoyado por la e-ciencia, siendo prácticamente imposible pensar en soluciones disciplinares o individuales, puesto que se deben dar las relaciones tanto entre actores generadores de conocimiento como en los consumidores de este, haciendo que los productos de la e-ciencia sean resultado de diálogos entre disciplinas que plantean una solución para un contexto determinado, pero de carácter global.

Intersecciones de las esferas

Un elemento fundamental para el desarrollo de e-ciencia es progresar en cada una de las esferas

Figura 5. Actores que participan en la e-ciencia



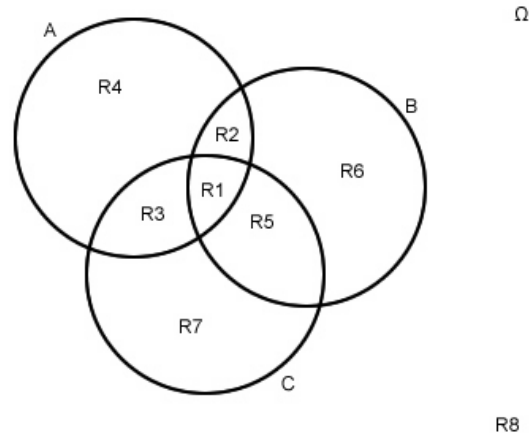
Fuente: Elaboración de los autores.

mencionadas y lograr que empiecen a interactuar entre ellas, cada esfera debe ser así, un engranaje que permita el movimiento dinámico del proceso, de manera tal que sus relaciones vayan preparando caminos de desarrollo que permitan la creación de nuevos productos y servicios y el fortalecimiento de las áreas que representan.

Es por ello que vale la pena analizar el resultado de las intersecciones entre los diferentes conjuntos planteados, para ello se ha utilizado un sistema de representación gráfica basado en diagramas de Venn-Euler, que permite visualizar los resultados amparados en las teorías de conjuntos.

Se han seleccionado ocho regiones producto de las relaciones resultantes entre los conjuntos, identificando las siguientes operaciones:

Figura 6. Diagrama de relaciones



Fuente: Elaboración de los autores.

Donde:

$A = \text{Servicios.}$ $B = \text{Actores.}$ $C = \text{Escenarios.}$

Y sus respectivas relaciones viene dadas por:

$$R_1 = \{x | x \in A, x \in B, x \in C\} = A \cap B \cap C$$

$$R_2 = \{x | x \in A, x \in B, x \notin C\} = A \cap B \cap C'$$

$$R_3 = \{x | x \in A, x \notin B, x \in C\} = A \cap B' \cap C$$

$$R_4 = \{x | x \in A, x \notin B, x \notin C\} = A \cap B' \cap C'$$

$$R_5 = \{x | x \notin A, x \in B, x \in C\} = A' \cap B \cap C$$

$$R_6 = \{x | x \notin A, x \in B, x \notin C\} = A' \cap B \cap C'$$

$$R_7 = \{x | x \notin A, x \notin B, x \in C\} = A' \cap B' \cap C$$

$$R_8 = \{x | x \notin A, x \notin B, x \notin C\} = A' \cap B' \cap C' = (A \cup B \cup C)'$$

Plataforma tecnológica, recursos humanos

A partir de la relación entre las diferentes esferas, es posible observar diversos tipos de intersecciones que determinarán el grado de avance en la consecución de un verdadero panorama de desarrollo apoyado en la e-ciencia.

De esta manera, por ejemplo, la intersección R_5 plantea la relación eficiente y desarrollada entre los escenarios y los actores; en este caso particular la plataforma tecnológica. En otras palabras, esta situación se da cuando se cuenta con Redes Académicas de Alta Velocidad funcionales y los actores que intervienen en ellas son consientes de su utilidad, encontrándose suficientemente preparados y organizados para abordar los retos planteados por la e-ciencia, pero sin una gama de servicios desarrollados que permita aprovechar estas potencialidades.

En el caso concreto de Colombia, se ha logrado un interesante avance con la creación de RENATA y sus respectivas Redes Regionales de Alta Velocidad, sin embargo todavía se requieren algunos recursos avanzados para considerar que los escenarios están listos.

Por otro lado, en lo referente a la consolidación de los actores, apenas se está iniciando un proceso real de organización y fortalecimiento, razón por la cual no es posible considerar que en ese aspecto el país

se encuentre totalmente listo, máxime cuando las relaciones que se dan entre actores (enmarcados en el triangulo de Sábato), son muy débiles y mediadas por intereses particulares, situación que se complica todavía más si se pretende integrar un cuarto actor conformado por la sociedad civil.

En cuanto a los grupos de investigación, llamados a impulsar el desarrollo del modelo, se observa como muchos de ellos no saben qué es la e-ciencia y no están preparados para abordarla, su trabajo sigue centrado en lo disciplinar y la presencia de estudiantes sigue siendo baja a pesar de existir esfuerzos en consolidar semilleros de investigación. Así mismo, el déficit de profesores preparados para la investigación o con formación a nivel de doctorado es alto, evidenciando en general la necesidad de iniciativas conjuntas si se desea lograr un avance significativo en cuanto a la esfera de actores se refiere.

En el momento en que la relación entre escenarios y actores se fortalezca, se contará con un espacio donde la plataforma tecnológica y el talento humano estarán listos para desarrollar labores de e-ciencia e impulsar un cambio social.

Desarrollo tecnológico

La intersección R_3 plantea por otro lado, un eficiente y avanzado desarrollo entre escenarios y servicios, generando por consiguiente un alto nivel de desarrollo tecnológico, pero dejando cuestionamientos en el impacto y desarrollo social. Conforme a lo anterior, se observa como dicho desarrollo es puramente tecnológico y técnico, con poca interacción de los grupos de investigación, lo que de antemano sería muy difícil de materializar, ya que su consolidación estaría basada en esfuerzos individuales con altos montos de inversión, más que en un verdadero trabajo de construcción colectiva.

Desarrollo económico y social

La intersección R_2 sugiere un teatro donde se han desarrollado considerablemente los servicios y los actores, impactando de manera favorable la sociedad en la cual está inmerso, generando tanto bienestar

como desarrollo económico y social fruto del aprovechamiento de las TIC para la ciencia.

Llegar a este estado solo es posible con una alta dosis de ingenio y disposición, puesto que al no estar suficientemente desarrollados los escenarios, se carece de una sólida infraestructura tecnológica que permita el despliegue de soluciones generadoras de cambio.

Taxonomía de la e-ciencia para Colombia

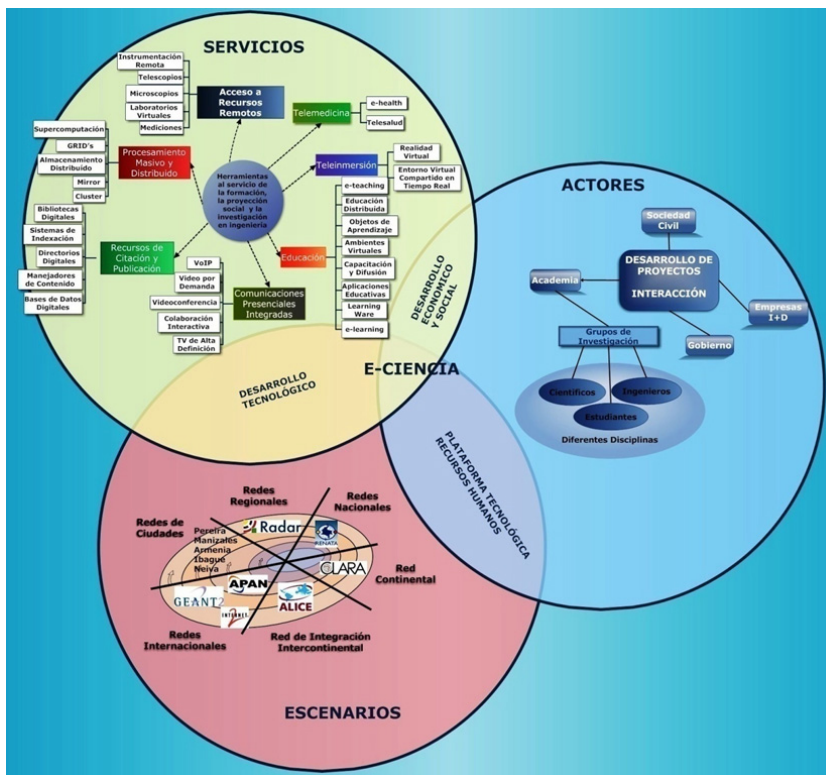
Por último la intersección y el desarrollo de todas las esferas, es lo que se ha llamado e-ciencia, entendiéndose esta como el resultado de: una buena preparación del personal dedicado a la ciencia y la innovación, la dotación de recursos tecnológicos de avanzada y el desarrollo de servicios eficientes que impactan al país, a su industria y a la sociedad en general; estructurándose como el marco ideal de trabajo, cuyos productos necesariamente contribuirán al avance del país.

Esta relación ideal es la que pretende plantearse como la taxonomía de la e-ciencia para Colombia la cual apoyaría las áreas claves de desarrollo científico del país con recursos de alto nivel. La figura 7, presenta un sistema totalmente relacionado de tipo complejo, donde se muestra que para alcanzar el fin último de la e-ciencia, es necesario el desarrollo, la interacción y compromiso de todas las esferas.

Conclusiones

Las redes académicas de alta velocidad (Escenarios) ya son una realidad en Colombia, lo que sin duda nos acerca cada vez más al concepto de e-ciencia, sin embargo, esto representa un reto para la academia del país, puesto que en gran parte la buena utilización y explotación que se haga de dichos recursos, dependerá de su capacidad para entender la nueva dinámica de trabajo y generar a partir de ella avances para un mundo conectado.

Figura 7. Esquema de e-ciencia para Colombia



Fuente: Elaboración de los autores

Así mismo, es fundamental fortalecer las esferas de actores y servicios, conscientes que probablemente esta última es la que más descuidada se encuentra en el momento. En esta labor, los grupos de investigación desempeñarán un papel preponderante, ya que en la medida en que logren enfocar sus capacidades y proponer soluciones que maximicen las potencialidades de las RAAV, se podrá alcanzar un verdadero impacto social y se materializará una nueva manera de hacer ciencia para todos.

Finalmente, resta decir que si bien todo el modelo está planteado en términos de un potencial, no es utópico creer que este estado ideal se puede alcanzar, sin embargo, para lograrlo es necesaria la participación de todos los interesados en el desarrollo del país, con especial protagonismo de la academia y sus escuelas de ingeniería, sin las cuales esta meta se hará cada vez más lejana.

Referencias

- Arocena, R. (2003). Problemas del desarrollo en América Latina (U. N. Quilmes, Ed.). Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- APAN, R. (2007). Red APAN., 2008(01/04/2008). <http://www.apan.net>
- Becerra, L. R. (2000). El auge de Internet. Páginas de la UCPR, 57, 22-32.
- Bedoya, Dago Hernando & Fletscher, Luis Alejandro (2007). Las redes académicas de alta velocidad: soporte a la formación de ingenieros para el nuevo milenio. [Ponencia]. Cartagena: Acofi.
- Bedoya, D. H., & Fletscher, L. A. (2007). Construcción de una red académica de alta velocidad - la experiencia RADAR. *Scientia et Technica*, 377-381. <http://www.utp.edu.co/ciencia/>
- Bedoya, D. H., & Fletscher, L. A. (2006). Y se crearon las redes académicas de alta velocidad... y vieron que eran bueno. Páginas de la UCPR.
- Bianco, M., & Sutz, J. (2005). Las formas colectivas de la investigación universitaria. *Revista CTS*, 6, 25-44.
- CANARI, R. (2007). Red CANARI., 2008(01/03/2008). www.canari.ca
- CLARA, R. (2007). Red CLARA., 2008(01/03/2008). www.redclara.net
- Cebrian, J. L. (1998). La red (Tauros, Ed.). Madrid: Tauros.
- GEANT, R. (2007). Red GEANT., 2008(03/02/2008). www.geant.net
- Gibbons, M., Limoges, a., & Nowotny, e. (1997). La nueva producción del conocimiento (P.-. Corredor, Ed.). Baecelona: Pomares - Corredor.
- Internet2 (2007). Internet2., 2008(10/04/2008). <http://www.internet2.edu>
- Kleiman, A., & Kleiman, E.d. (1992). Conjuntos aplicaciones matemáticas a la administración (Limusa, Ed.) (Decimooctava). México: Limusa.
- Marí, M., & Thomas, H. (2000). Ciencia y tecnología en America Latina (U. N. Quilmes, Ed.). Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes.
- McLuhan, M. (1990). La aldea Global : transformaciones en la vida y los medios de comunicación mundiales en el siglo XXI (Gedisa, Ed.) (The global Village). Barcelona: Gedisa.
- Pourailly, M. J. (2006). e-ciencia para el Chile del bicentenario: Experiencias, procesos y políticas (REUNA, Ed.). Chile: REUNA. <http://www.reuna.cl>
- Prebish, R. (1963). Hacia una dinámica del desarrollo Iberoamericano (F. d. económica, Ed.). México: Fondo de cultura económica.
- Sábato, J. (1994). El origen de algunas de mis ideas. Nueva visión, 13-19.
- RENATA (2007). RENATA., 2007(24/09/2007). <http://www.renata.edu.co>
- Sábato, J., & Botana, N. (1970). La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina (Universitaria, Ed.). Santiago de Chile: Universitaria.
- Sanz, F. (2005). Más allá de Internet: la red Universal digital (C. d. Araces, Ed.). Madrid:
- Sidicaro, R. (2002). La globalización pasiva: ¿un círculo vicioso?. *Revista TodaVia*, 2008(10/03/2008), 19-21. http://www.revistatodavia.com.ar/pdf/revistatodavia_nro_01.pdf
- TECNOLOGÍA, F. E. (2005). El libro blanco de la e-ciencia en España (FECYT, Ed.). Madrid: FECYT.
- Taylor, J. (2006). National e-Science Center., 2006(20/07/2007). <http://www.nesc.ac.uk/nesc/define.html>

Sobre los autores

Luis Alejandro Flétscher Bocanegra

Es ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, Especialista en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones de la Universidad del Rosario, Candidato a Magister en Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín. Actualmente se desempeña como Profesor Auxiliar del programa Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Católica Popular del Risaralda. luisf@ucpr.edu.co

Dago Hernando Bedoya Ortiz

Es ingeniero en sistemas con énfasis en software, Especialista en auditoría de sistemas y candidato a Magister en Ciencia, Tecnología y Sociedad de la Universidad Nacional de Quilmes en Argentina. Actualmente se desempeña como Profesor Auxiliar del programa Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Católica Popular del Risaralda. dago@ucpr.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.