

ESTUDIO DE CASOS PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN COMUNICACIONES RADIO DIGITAL

Hernán Paz Penagos

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia,
hernan.paz@escuelaing.edu.co

Daniel Jabonero Mejía

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia,
daniel.jabonero@mail.escuelaing.edu.co

RESUMEN

Se examina los posibles cambios en el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas y el logro de aprendizaje de estudiantes de noveno semestre de ingeniería electrónica, a partir de la implementación en el aula y el laboratorio de un diseño didáctico centrado en resolución de problemas (en adelante RP) sobre comunicaciones radio digital. La metodología se enmarcó en la investigación educativa de carácter cualitativa, articulada a través de un estudio de casos instrumental y múltiple. Para la recogida y análisis de los datos se aplicaron pruebas de entrada y salida, encuesta por cuestionario, observación directa y participante, redes semánticas y el ATLAS ti. Los resultados evidencian aprendizajes más significativos y con sentido; así mismo, mayor toma de conciencia de los procesos de construcción del conocimiento científico que fomenta la creatividad de los estudiantes. **Palabras Claves:** RPPI, reconocimiento de los estudiantes, análisis histórico y epistemológico de las comunicaciones radio digital, diseño didáctico, estudiantes de Ingeniería electrónica.

ABSTRACT

Possible changes in the development of cognitive and metacognitive abilities and learning achievement of students in ninth semester of electrical engineering are examined, from the implementation in the classroom and the laboratory of a didactical design focused on problem solving (hereinafter RP) on digital radio communications. The methodology was framed in educational research qualitative character, articulated through a study of instrumental and multiple cases. For the collection and analysis of data, input and output tests, questionnaire survey, direct and participant observation, semantic networks and ATLAS ti were applied. The results show more significant and meaningful learning, likewise, increased awareness of

the processes of construction of scientific knowledge that fosters student creativity.

Keywords: RPPI, student recognition, historical and epistemological analysis of digital radio communications, instructional design, electronic engineering students.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 100 años, investigadores interesados en la RP como una estrategia de enseñanza alternativa han venido realizando estudios desde aproximaciones diversas. En el campo de la ingeniería se identifican investigaciones de tipo exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa sobre la RP; entre otras, se destacan los estudios de caso (Costa y otros, 2007; Fitzpatrick, 2008. Mantri y otros, 2008), resolución de problemas a través del trabajo cooperativo y colaborativo (Reisslein y otros, 2007; Da Rocha Brito & Ciampi, 2007), aprendizaje basado en la formulación de problemáticas y organizado por proyectos (TREE, 2007; Motschnig & Figl, 2007; González & Loya, 2007), RP para la formación por competencias (ABET, 2005; Proyecto Tuning - Europeo, 2006a; Furmanski y otros, 2006) y el uso de nuevas herramientas de enseñanza para la RP en ingeniería (Montufar, 2007; Rosenberg, 2008; Ryoo y otros, 2008). Del análisis sobre estos trabajos es posible inferir, que pretenden ser una alternativa a la enseñanza tradicional, y una nueva vía de exploración frente al surgimiento de nuevos problemas y a las demandas de formación de mejores profesionales planteadas por la industria; también, se evidencia la necesidad de establecer consensos sobre una gran diversidad de definiciones, nombres y taxonomías de problemas, que para el caso de la enseñanza de las ciencias naturales y según Schönfeld (1992), ha funcionado como un paraguas bajo el cual se han cobijado distintos tipos de investigación. En tal sentido, algunas definiciones del término problema se formulan desde la incógnita, la estructura y el sentido;

mientras que otras, se refieren al contexto, al tipo de solución que se espera y a los procedimientos utilizados en la resolución; por estas razones los problemas reciben denominaciones muy diversas: ejercicios, estudio de casos, experiencias de laboratorio, trabajos de investigación y situaciones problemáticas cotidianas, tecnológicas y científicas, que ameritan una resolución. Podría pensarse que tales connotaciones sobre el término *problema* dependen, a su vez, de la concepción sobre RP que subyace a la práctica pedagógica en el aula y el laboratorio, de los objetivos de aprendizaje, de la temática que necesita ser explicada y/o del campo de aplicación del problema.

En esta perspectiva teórica, una cuestión que no se contempla en las investigaciones RP revisadas, y que reviste importancia para el autor, es el reconocimiento de una epistemología coherente entre lo que el profesor piensa que es un problema y resolver problemas, y la forma como piensa y practica su pedagogía correspondiente; en esta perspectiva, el conocimiento del profesor que se construye conceptualmente a partir de su formación curricular universitaria, su ejercicio profesional; así como por las concepciones que practica acerca de lo entiende por problema y resolución de problemas, determinan la planeación de las actividades pedagógicas de su clase sobre el campo disciplinar. Por su parte, el estudiante construye conceptualmente el conocimiento a partir de múltiples interacciones con el ambiente en el entorno sociocultural en el cual se desenvuelve y las concepciones de problema y RP que practica. Desde esta construcción conceptual piensa y actúa, en consecuencia en el aula y el laboratorio; así, el profesor conceptualiza su propio conocimiento sobre lo que es problema y RP, el cual determina las actividades pedagógicas a seguir para resolver un problema en la clase, el estudiante elabora también el suyo y los dos conocimientos tienen una referencia común en el conocimiento científico disciplinar.

En este contexto, se propone un diseño didáctico para la enseñanza de las comunicaciones radio digital en ingeniería electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería que parte del reconocimiento del sujeto y replantea el aprendizaje del saber disciplinar a partir de un análisis histórico y epistemológico de la misma; además, incluye actividades que propician desarrollo cognitivo y metacognitivo con el fin de formar en habilidades intelectuales y de pensamiento en términos de procesos, así como autorregulación para el aprendizaje autónomo con responsabilidad.

El artículo se estructura a través de una problemática, en la cual se resume el contexto de la investigación y el planteamiento del problema; en seguida, se describen

las coordenadas teóricas de la investigación; posteriormente, se precisa la metodología que orientó la investigación, los resultados y su análisis; y por último, se presenta las conclusiones e implicaciones educativas.

1.1 PROBLEMÁTICA

La RP en la educación superior en ingeniería, se utiliza como una estrategia de enseñanza para retener y aplicar los contenidos disciplinares; en esta perspectiva, el profesor combina la exposición del tema con el planteamiento de un ejercicio/problema de aplicación de los conceptos con el fin de afianzar la teoría explicada o incluso como instrumento para evaluar la comprensión de esa teoría; tales actuaciones didácticas aparecen regularmente en el contexto de los temas que se trabajan en el aula y el laboratorio; debido a esto las actividades realizadas por los estudiantes cuando resuelven problemas principalmente en las asignaturas de los núcleos de básicas de ingeniería y en menor medida en las de ingeniería aplicada, enfatizan en los procedimientos para la resolución correcta del problema; por esta razón tienden a operar con los datos y a hacer cálculos sin la suficiente conciencia de la lógica que los sustenta; algunas veces, demuestran poco desarrollo de las habilidades para la representación gráfica, el monitoreo y control de las estrategias seguidas para su resolución, que dificultan la apropiación de conceptos y la toma de conciencia de los procesos, al menos, en la medida esperada. La problemática anterior evidencia una concepción heurística del problema en la cual el estudiante aprende memorísticamente reglas y procedimientos. En este contexto, existe la posibilidad que la orientación de la estrategia RP desde las características de los estudiantes y un análisis histórico y epistemológico del tema a problematizar, favorezca un aprendizaje más activo, analítico, colaborativo, interdisciplinario, reflexivo y autorregulado, en el cual los estudiantes construyan conocimientos y significados con sentido. Como una alternativa de solución a la problemática presentada, se planteó la siguiente pregunta que orientó la investigación: *¿Qué características podría tener un diseño didáctico, que centrado en la RP, favorezca cambios en el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas de ingenieros electrónicos, en Comunicaciones Radio Digital?*

1.2 COORDENADAS TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Para efectos de esta investigación, se entiende por *problema* una situación significativa, compleja, contextualizada y real dentro de la cual se formulan

preguntas que no tienen una única respuesta y cuyo abordaje requiere la generación de nuevos conocimientos interdisciplinarios. Según lo anterior, se infiere que en todo problema existe una situación problemática inicial, una resolución final y una vía de paso que es incierta, desconocida o no accesible de forma inmediata; en este contexto, el estudiante se posiciona frente a tal situación y adopta un carácter activo, reflexivo y estratégico para su resolución (Jessup, 2011). En consecuencia, **resolver un problema** significa evaluar las posibles soluciones, seleccionar aquella o aquellas que en mayor medida satisfacen las especificaciones planteadas, implementar la solución y posiblemente hacer una nueva revisión de las soluciones. Por consiguiente, la resolución conlleva la realización de tareas que suponen procesos de razonamiento más o menos complejos, y no solamente una actividad heurística y rutinaria. En esta perspectiva, se enfoca un diseño didáctico RP sobre comunicaciones radio digital que se aplica en una intervención didáctica con el fin de propiciar desarrollo en habilidades cognitivas y metacognitivas de estudiantes de noveno semestre de ingeniería electrónica.

De otra parte, se entiende por **cognición** todos los procesos o estructuras que se relacionan con la conciencia y el conocimiento; mientras que el desarrollo cognitivo es el conjunto de transformaciones que se dan por interacción social y en el transcurso de la vida, a través de los cuales, se aumentan los conocimientos y habilidades en los procesos mentales básicos (Observación, relación, comparación, comprensión, recuerdo y aplicación), superiores (Pensamiento crítico, toma de decisiones, creatividad y resolución de problemas) e integradores (Análisis, síntesis y evaluación). Entre otros factores, este desarrollo depende de la percepción que tenga el estudiante del problema, su estilo cognitivo, contexto inmediato de la actividad y naturaleza de la información requerida para resolver el problema.

Por su parte, la **metacognición**, según Brown (1987) y Flavell (1979), tiene dos significados que se encuentran estrechamente vinculados: conciben la metacognición como producto o bien como proceso. El primer significado es declarativo y alude al conocimiento de la actividad cognitiva; mientras que el segundo, se refiere al conocimiento de los procedimientos de supervisión y regulación que se implementan sobre la actividad cognitiva al enfrentar una tarea de aprendizaje. Desde la última perspectiva, Schoenfeld (1992) adapta y aplica la anterior definición a la resolución de problemas y distinguen en ella tres características: 1) Conocimiento de la actividad cognitiva sobre el estado de los conocimientos y las habilidades del estudiante.

2) Control o autorregulación de los procesos cognitivos con el fin de descartarlos/ratificarlos/mejorarlos y organizarlos en función de los progresos y los resultados del aprendizaje. Se fundamentan en la premisa de que nuestro pensamiento no ocurre solamente como un reflejo, sino que lo produce un ser pensante y que se puede supervisar y regular deliberadamente y 3) Creencias o intuiciones del sujeto sobre la propia tarea de resolver problemas. De los tres aspectos señalados sobre la metacognición, para esta investigación interesa la **autorregulación** que los estudiantes ejercen sobre sus propios procesos cognitivos en la resolución de problemas. El marco de referencia sobre cognición y metacognición mencionados se relacionan fuertemente con las tesis cognitivista y metacognitivista de Vigotsky (1981) que guio tanto la construcción del diseño didáctico como la interpretación de los resultados de la investigación.

Vigotsky (Ibídem) afirma que el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas de los estudiantes se da no solo en el plano personal sino también por mediación social. En este contexto, reconoce la importancia del papel de los pares en los procesos de aprendizaje (Función interpsicológica) e introduce los constructos de internalización, zona de desarrollo próximo y exteriorización. De la dinámica de interacción emerge el proceso de interiorización, mediante el cual el estudiante asimila los aprendizajes que los pares le propician; con su acción, éste los exterioriza progresivamente de forma visible (simbólica) y comunicable. De esta manera, toma conciencia de las funciones psicológicas superiores y empieza a asumir de manera gradual su aprendizaje autónomamente.

Enmarcado en este contexto teórico y con el propósito de construir un **diseño didáctico** RP acorde con la epistemología de las comunicaciones radio digital y adecuada a las características del grupo, se hizo un análisis histórico y epistemológico de la asignatura, y se aplicó un instrumento para el reconocimiento del estudiante. La justificación que subyace a esta propuesta radica en que si bien el aprendizaje está influido por el contexto y la cultura, también lo está por la psicología del que aprende; además que el abordaje de un tema desde la perspectiva anotada rescata el poder potenciador del proceso de construcción de conocimiento y abre nuevas posibilidades al aprendizaje, motivando al estudiante a formular preguntas más que encontrar respuestas; de esta manera, se presenta un problema que resulte significativo para el estudiante.

El contenido del diseño didáctico trató sobre el tema de *comunicaciones radio digital* que estudia el procesamiento de la información, la transmisión a

través del canal y la recepción de señales pasa banda con el propósito de diseñar y desarrollar soluciones apropiadas a los problemas relacionados con este campo del conocimiento. De acuerdo con el enfoque del diseño didáctico y con el fin de problematizar el tema de estudio se hizo un análisis histórico y epistemológico de las comunicaciones electrónicas. A continuación se resume dicho análisis en la tabla No.1.

Tabla No. 1: Análisis histórico y epistemológico de las comunicaciones electrónicas

Análisis histórico	Análisis epistemológico
<p>Época y contexto: 1600-1800. Europa e Inglaterra. Liberalismo económico, cambios ideológicos: afán de libertad y predominio de la mentalidad individualista, crecimiento de las burguesías capitalistas cuya prosperidad dependía del comercio y la industria.</p> <p>Preguntas cruciales: ¿Cómo generar y controlar la electricidad?</p> <p>Hallazgos: Geomagnetismo, cargas eléctricas, electricidad, telegrafía óptica; el experimento de Young: la interferencia.</p> <p>Inventores: Gilbert, 1600; Snell, 1621; Fermat, 1650; Huygens, 1678; D’alembert, 1751; Franklin, 1755; Priestley, 1767; Cavendish, 1773; Coulomb, 1785; Chappe, 1790; Galvani, 1795; Volta, 1800 y Young, 1800.</p> <p>Conceptos: Señales eléctricas, transferencia de energía, corriente eléctrica, voltaje, inductancia, capacitancia, resistencia, transductores de energía; mensajes, señales</p>	<p>-La investigación fue un trabajo interdisciplinar en el cual aportaron físicos, matemáticos, astrónomos, arqueólogos y físico-químicos; esta evoluciona y se desarrolla al ritmo que lo hacen los demás campos del saber que la comprenden.</p> <p>-El conocimiento científico es una verdad absoluta: es conocimiento riguroso, totalmente confiable y objetivamente probado; las teorías se derivan de los hechos, de la experiencia, adquiridos mediante la observación y la experimentación.</p> <p>-Los descubrimientos son generalizaciones que se realizan mediante el principio de inducción y a partir de allí se predice y se explica por medio de la deducción. Confirmar significa tener apoyo inductivo independientemente del contexto histórico. Esta perspectiva supone que la experiencia es la fuente primordial del conocimiento científico y que toda experiencia comienza por la observación.</p> <p>-Resulta difícil encontrar experimentos que conduzcan a la formulación</p>

analógicas, sistemas analógicos y acoplamiento.

Teorías: De señales, de circuitos, de sistemas.

Leyes: Leyes de: Coulomb (1800), Ohm (1827), Kirchhoff (1850), Joule; teoremas de: Thévenin, Norton, máxima transferencia de potencia, Parseval y Snell; principios de Huygens y de Fermat.

Época y contexto: 1800-1850. Europa, Inglaterra y EEUU. Surgen movimientos liberales y nacionalistas. Es época de revoluciones. Algunos países se unifican y otros se independizan de las potencias.

Preguntas cruciales: ¿Cómo propagar una señal eléctrica?

Hallazgos: Comunicaciones electrónicas guiadas: telégrafo electromecánico y eléctrico; medios de transmisión: pares de cobre, codificación de la información; aplicación del principio de la difracción. Otros inventos: Betatrón.

Inventores: Malus, 1810; Oersted, 1820; Schelling, 1820; Ampere, 1820; Fresnel, 1822; Faraday, 1831; Henry, 1830; Lenz, 1834; Morse, 1837; Joule, 1841 y Doppler, 1848.

Conceptos: Fuerzas entre cargas estacionarias, campos: eléctrico y magnético, perturbación en el campo, potencial,

de una ley física de forma directa y convincente: un caso fue la ley de Gauss.

-Algunas investigaciones continuaron adelante y dieron buenos resultados, a pesar de la crítica destructiva y falta de respaldo de la comunidad científica de su tiempo, por ejemplo, “La cadena galvánica”, tratada matemáticamente por Ohm en 1827.

-Siempre hubo dificultades en la investigación: Ampere tuvo problemas en la contrastación de corrientes abiertas.

-La inquietud investigativa surgió de pensamientos relacionales; por ejemplo, Faraday incursionó en la investigación a partir de la relación, no sólo entre la electricidad y el magnetismo, sino de ellas dos, con los fenómenos que estudiaba la filosofía natural. Así mismo, otros partieron de la observación de fenómenos físicos, como es el caso de Faraday que descubrió por este medio la inducción magnética. Por otra parte, se lograron descubrimientos por analogía con principios físicos y matemáticos; por ejemplo: Ohm describió el flujo de carga, a partir del flujo de calor.

corrientes inducidas, codificación de la información.

Teorías: Electricidad y magnetismo, electrodinámica.

Leyes: Leyes de: Gauss, inducción electromagnética de Faraday, ampere, Lenz, efecto doppler, de Malus: polarización del campo.

Época y contexto: 1850-1900. Europa, Inglaterra, URSS y EEUU. Bajo el capitalismo industrial el progreso se acelera con cada avance científico, pero no todos los países se benefician, y al interior de los industrializados, los obreros son marginados.

Preguntas cruciales: ¿Cómo lograr comunicaciones a largas distancias e instantáneas?

Hallazgos: Comunicaciones guiadas: teléfono y fonógrafo; antenas dipolos. Otros inventos: Generador, motor, transformador, disco perforado, electrón, interferómetro.

Inventores: Maxwell, 1865; Graham Bell, 1876; Hall, 1879; Alba Edison, 1883, Nipkow, 1884; Hertz, 1887; Kelvin, 1890; Lodge, 1894; Marconi, 1896; Thomson, 1897 y Michelson, 1881.

Conceptos: Corrientes oscilantes, circuitos sintonizados, espectro electromagnético, ondas estacionarias, polarización del campo,

Flujo magnético, torque, almacenamiento de energía.

Teorías: Propagación de ondas, teoría electromagnética y óptica.

Leyes: Ley de Biot y Savart, Efecto hall, Teorema de modulación.

Época y contexto: 1900-1950. Europa, Inglaterra, URSS y EEUU.

Neocolonialismo, bloques, antagonismos, expansión en búsqueda de materias primas, industria militar, guerras mundiales.

Preguntas cruciales: ¿Cómo transmitir varias señales de información y protegerlas contra el ruido en el canal?

Hallazgos: Comunicaciones electrónicas digitales: PCM, teletipo; medios de transmisión: espacio libre, cable coaxial, guías de onda; comunicaciones electrónicas analógicas no guiadas: telegrafía óptica e inalámbrica; radio difusión: AM y FM; difusión de TV, microondas, radar. Otros inventos: rayos X, iconoscopio, cinescopio, semiconductores; efectos: Compton y foto eléctrico.

Inventores: Plank, 1900; Poynting, 1909; Max Von Laue, 1912; Heaviside, 1920; Lorentz, 1923; Zworykin, 1923; Millikan, 1923; Carson, 1923; Compton, 1923; Nyquist, 1924; Johnson, 1928; Hartley, 1928;

-El carácter matemático e instrumental de la ciencia se lo dio Galileo con la creación del concepto de experimento. Este estaba delimitado por un espacio tecnológico y fue formulado para contrastar las hipótesis matemáticas acerca del comportamiento del objeto de investigación. En este marco de referencia, investigaron, entre otros, Faraday, Ampere, Hertz y Marconi (este último armó su propio laboratorio en Villa Griffone, Pontecchio - Italia). Desde entonces la investigación, y más tarde la enseñanza de las comunicaciones electrónicas, empezó a tener este sesgo "experimentalista" o centrado en el trabajo de laboratorio.

-La teoría de la información fue usada para la compresión y encriptación.

-La comunicación de radio digital es considerada en términos de señales o mensajes, expresada en portadoras, algoritmos y probabilidades.

-Surge una pluralidad metodológica y de interrelación de métodos dado el carácter complejo de los procesos de investigación y de lo intrínseco, complejo,

Baird, 1926; Yagi y Uda, 1928; Armstrong, 1935; Watson-Watt, 1935; Schrödinger y Dirac, 1933; Reeves, 1937; Rice, 1947; Brattain, Bardeen y Shockley, 1947; Shannon, 1948 y Hamming, 1948.

Conceptos:

Amplificación: tubos, transistores; vector de Poynting; fórmula de la radiación, anchos de banda, conmutación, amplificación, multicanalización por división de frecuencia: FDM, por división de tiempo: TDM; medida de la información, capacidad de canal, ruido, probabilidades, reflexión, refracción.

Teorías: Modulación analógica, teorías de: la información, transmisión señal a ruido; transmisión digital banda base, teoría relacionada con la física del estado sólido.

Leyes: Ley de Bragg, regla de Carson, teorema del muestreo de Nyquist, ley de Hartley, límite de Shannon y ley de Boole.

Época y contexto: 1950-nuestros días. EEUU, Europa, URSS, China. Inestabilidad, guerra fría y descolonización. Globalización económica neoliberal y tecnológica. La nueva sociedad se sustenta en una economía de la información.

Preguntas cruciales: ¿Cómo minimizar los efectos indeseables en la transmisión de información por las

contradictorio y dialéctico del conocimiento humano. Este se basa en un modelo de conocimiento relativista: el conocimiento es relativo en tanto es alterado por procesos cognitivos (Ingwersen, 1992).

-Frente a la racionalización que supone un saber establecido y estático se contraponen la racionalidad, que supone una revisión del conocimiento a partir del análisis crítico, debate, la argumentación

-En 1957 con los programas alfabeto se reafirma la concepción experimentalista y positivista de la ciencia.

-El teorema de codificación de canales de Shannon predijo altas tasas de transferencia mediante nuevos códigos; ejemplo, Hamming y Reed-Solomon (1960).

-Los científicos dejan de trabajar de forma aislada para convertirse en empleados o directores de organizaciones I+D. Así

limitaciones del canal? **Hallazgos:** Modulación digital: ASK, FSK, PSK, QAM y modulaciones multiportadora OFDM, CDMA. Satélites artificiales: lanzamiento del Sputnik I en 1957; comunicación

telefónicas utilizando fibra óptica, 1977; redes de datos; computadores personales, Internet, herramientas WEB, redes sociales. Otros inventos: cámaras de televisión, fibra de vidrio, Láser, circuitos integrados,

Inventores: Reed, 1954; Baran, 1964; Boyle, 1977; Elias, Bose; Solomon, Berlekamp, Bradbury, Forney; Viterbi, 1957.

Conceptos:

Comunicaciones digitales, capacidad y calidad de servicio en canales limitados en ancho de banda, probabilidad de error, banda ancha.

Teorías: Codificación para comunicación confiable, radio astronomía.

Leyes: Teoremas de: modulación, codificación de la fuente y canal.

Del análisis se puede inferir que la dinámica de producción del saber científico en las comunicaciones electrónicas fue un trasegar entre éxitos-fracasos, avances-retrocesos y puntos muertos, en los cuales se redefinían continuamente los objetos de conocimiento; así mismo, se evidencia la participación en actividades investigativas, tanto de personajes públicos como de hombres del común, que tenían intereses, deseos, compromisos y valores propios de la sociedad de su época. En este contexto, se plantearon diversos interrogantes. Algunos se resolvieron, otros no. También unos cuantos dejaron de plantearse. En resumen, las comunicaciones electrónicas

mismo, se suman esfuerzos e incrementa la inversión en la investigación científica.

-La relación entre investigación científica y desarrollo tecnológico es uno de los factores que apuntala a la ingeniería electrónica como una práctica científica (Poveda, 2009).

-En algunos casos, se precipita en la aplicación inmediata y directa de la investigación científica, incluso antes de comprobar todas las repercusiones que puedan tener para el hombre y el medio ambiente.

- Los temas de investigación científica rebasan los límites de las disciplinas y llegan a terrenos sociales y éticos.

evolucionaron a un ritmo, contexto y temporalidad propios influenciados por los avances de los diferentes campos del saber que le aportaron, a saber: matemáticas continuas y discretas, informática, lógica, álgebra, física ondulatoria y de semiconductores, teoría electromagnética, procesamiento de señales, probabilidades y teoría de la información, entre otras. Esta dinámica histórica deja al descubierto un sistema de conocimientos que ha sido y es producto de hombres del común, y no de genios, cuya veracidad se comprueba y puntualiza constantemente con el devenir de la práctica social y como resultado de la dialéctica del conocimiento, en los nuevos contextos en que se desarrolla.

En consecuencia, se propuso un diseño didáctico, que a través de la RP, abriera nuevas perspectivas de abordaje del tema de estudio y de esa manera le diera la posibilidad al estudiante a tener una mirada crítica hacia el desarrollo científico y a formular una propuesta de resolución de un problema específico que contribuyeran a la transformación y cambio.

Otro principio metodológico importante para el diseño fue el **reconocimiento del sujeto**. Éste se relaciona con la condición propia, específica y unitaria, pero a la vez pluridimensional del estudiante. Una de esas dimensiones es la psicológica que abarca la personalidad en sentido amplio, que para el caso específico de esta investigación se detendrá en el estilo cognitivo. Según Hederich y otros (2004), el estilo cognitivo es el modo característico y autoconsciente de la cognición, que se caracteriza por establecer características distintivas entre los sujetos; relativamente estable y en alguna medida, integradora de diferentes dimensiones del individuo y neutral en términos valorativos; desde esta perspectiva, identifica los estilos de independencia-dependencia y los define como la tendencia de una persona a asignarle una organización y estructura propias a la información disponible para realizar una tarea o resolver un problema con independencia de la forma como ha sido presentada o, en contraste, la tendencia a resolver la tarea o el problema manejando la información disponible sin desprenderse del contexto en que ha sido presentada y sin cambiarle su estructura y organización iniciales. En este contexto, la noción de estilo cognitivo desde las perspectivas de independencia-dependencia de campo, parece un concepto apropiado para dar cuenta del reconocimiento de algunas particularidades cognitivas de la muestra estudiantil objeto de estudio. En el anexo No. 1 se especifican algunas características cognitivas y metacognitivas de los dos tipos de estilos

desde las cuales se espera que los participantes puedan hacer sus aportes.

En concordancia con lo anterior, se buscó compaginar los estilos cognitivos de dependencia e independencia de campo de los estudiantes con la planeación de actividades académicas afines y flexibles a desarrollar para la RP; así mismo, se seleccionaron tipos de material adecuados para los dos estilos; se acordaron tiempos para el trabajo académico individual en las modalidades presencial y extraclase (en las plataformas Moodle® y Blackboard®), grupal de tres estudiantes y general del curso. Esta organización tuvo como finalidad propiciar tanto la independencia como la colaboración y complementariedad en la RP, y a través del proceso lograr el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas de los estudiantes. En esta perspectiva, el reconocimiento de los estudiantes hizo parte de lo que Talízina denomina "control preliminar" (1981, 35).

Así mismo, el diseño didáctico se enfocó a comprender el problema a la luz del cuerpo teórico necesario; posteriormente vino la resolución, a partir de la experimentación y una visita técnica, sin antes haber construido la guía del laboratorio que señalaba el derrotero a seguir para la realización de las mismas; después se compararon de resultados de la fase resolutoria, y por último, se desarrollaron las plenarias en las que se expusieron los resultados y se evaluó.

En cuanto al enfoque de las actividades en el aula, éstas favorecieron una evaluación permanente, formativa y transversal, la verbalización de los procesos de comprensión y RP, interacción de ideas y representaciones a través de un trabajo con pares: profesor y compañeros de estudio (grupos pequeños de trabajo). Con lo anterior se pretendía incidir en la zona de desarrollo próximo del estudiante con el fin de crear un "andamiaje" en el cual apoyarse (Vigotsky, 1981); sin embargo, la interpretación de los mismos materiales es individual. Por ello, cada uno de los estudiantes construye (reconstruye) su conocimiento según sus esquemas, contexto, saberes y experiencias previas; en su participación social privilegia algunas posibilidades de la diversidad existente, las más apropiadas según la utilidad en la consecución de la meta que oriente la acción.

En consecuencia el involucramiento gradual y guiado del estudiante en el proceso le va transfiriendo progresivamente la responsabilidad frente a la tarea y va desequilibrando la balanza de la dependencia-independencia académica, de tal manera que favorezca el traspaso del proceso de aprendizaje desde el docente hacia una responsabilidad compartida y desde esta al estudiante, de manera que se sienta comprometido,

pueda confiar en sus capacidades y dar pasos en gestión y autorregulación del aprendizaje con miras a ganar en independencia académica, y que el control pase del entorno al estudiante (internalización) y éste le dé significado social a su actividad externa mediada por el contexto (Ibídem).

Adicional a la información sobre el reconocimiento de los sujetos y la problematización del tema radio digital desde un análisis histórico y epistemológico disciplinar de las comunicaciones electrónicas, el diseño incluyó información sobre los ámbitos sociológico, pedagógico y didáctico, con el fin de organizar la agenda de actividades RP.

2. METODOLOGÍA

Se desarrolló en cuatro etapas, estas fueron: construcción del diseño didáctico, para lo cual fue necesario identificar el contexto y trazar las coordenadas teóricas que orientaron la construcción del mismo; en la segunda, se aplicó el diseño didáctico a un grupo colaborativo a través de una intervención académica en el aula y el laboratorio; además se recolectaron y analizaron los datos de la aplicación de instrumentos; después, se evaluó el impacto del diseño en cuanto a cambios en el desarrollo de habilidades en las dimensiones cognitiva y metacognitiva de tres estudiantes considerados en el estudio de casos, y por último, se sacaron conclusiones.

Como se muestra en la figura No. 1, la intervención académica se organizó y configuró en una espiral de cuatro fases y ocho secciones organizadas con base en acciones planificadas (Kemmis y McTaggart, 1988).



Figura No. 1. Configuración de la intervención académica a través de fases.

Para la recolección de datos, la investigación se abordó como un estudio de casos por actores y fue más allá de la comprensión de los participantes estudiados en particular (Stake, 1999). El interés era indagar los cambios en desarrollos cognitivos y metacognitivos de tres estudiantes denominados *participantes clave* (Carolina, Lilia y Jorge: no corresponden a sus verdaderos nombres), que estaban inmersos en un grupo colaborativo de 15 estudiantes de 9º semestre de ingeniería electrónica y que resolvían un problema

sobre el tema de comunicaciones radio digital. El estudio se llevó a cabo en la Escuela Colombiana de Ingeniería JULIO GARAVITO ubicada en Bogotá-Colombia. Los instrumentos utilizados fueron la encuesta por cuestionario, la observación directa y participante, preprueba y posprueba con un solo grupo y las redes semánticas; éstos fueron seleccionados y adaptados a partir de otros instrumentos de medición disponibles en la literatura (Renzulli y otros, 2001; Castelló, 1987; Valdez, 1998). En este contexto, los tres estudiantes considerados para el estudio de casos resuelven individualmente una prueba de entrada planteada mediante preguntas que sondan desarrollos iniciales en dos dimensiones: cognitivo y metacognitivo, y cuatro categorías: pensamiento relacional, trabajo interdisciplinar, capacidad de autorregulación y aprendizaje autónomo con responsabilidad; sus resultados, junto con la información obtenida de la aplicación de la encuesta por cuestionario para el reconocimiento de los estudiantes, permiten identificar algunas características cognitivas y metacognitivas de los mismos. Con este punto de partida, se observan (mediante grabación de audio y video, y observador participante) las interacciones y verbalizaciones espontáneas de los mismos estudiantes al intentar comprender y resolver un problema durante ocho secciones de trabajo colaborativo. Con la información de los registros de observación directa y participante se construye un protocolo que se subdivide en episodios, para un análisis en profundidad de las interacciones, y unidades de análisis, para la interpretación de las verbalizaciones mediante redes semánticas. Al final de la intervención académica se aplica una prueba de salida que se estructura de la misma manera que la preprueba –2 dimensiones y 4 categorías–; éstos resultados se complementan con la información hallada del análisis en profundidad y redes semánticas, para obtener los resultados finales de la intervención académica. Frente a estos datos se comparan los resultados de la prueba inicial para identificar cambios en el desarrollo de habilidades por categorías (pensamiento relacional, trabajo interdisciplinar, autorregulación y autonomía), por dimensiones (cognitiva y metacognitiva) y en general de los estudiantes considerados para el estudio de casos. En el anexo 2 se especifican algunas preguntas comunes en las dos pruebas y tenidas en cuenta en las observaciones directa y participante.

3. RESULTADOS

Se presentaran en dos etapas: 1. Identificación de algunas características de los estudiantes e impacto del aborde RP desde un análisis histórico y epistemológico

disciplinar y, 2. Evidencias sobre cambios en desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas de los tres estudiantes considerados para el estudio de casos. La figura No. 2 muestra los tipos de estilos cognitivos en cuanto a dependencia-independencia de campo de la población examinada (grupo colaborativo).

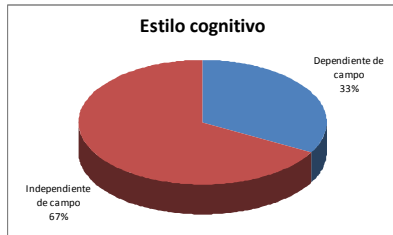


Figura No. 2. Estilos cognitivos de algunos estudiantes de 9° semestre de ingeniería electrónica, 2010-2.

De acuerdo a la figura No. 3, en el curso predominan estudiantes con independencia de campo (67%) que enfrentan los estudios con un estilo eminentemente práctico y lógico, y se interesan por hechos verificables que evalúan y usan de manera objetiva e imparcial. Con menor porcentaje, se identifican los estudiantes con dependencia de campo (33%), que se caracterizan seguir instrucciones del profesor y/o grupo, y razonar de manera deductiva y analógica.

En este aspecto es importante señalar que los estilos cognitivos de los estudiantes considerados para el estudio de casos fueron así: Carolina y Jorge, se inclinan por el estilo independiente de campo y Lilia por el dependiente de campo; en particular, se destacan algunas de sus características en el anexo No. 3.

En el contexto del trabajo académico RP desde un análisis histórico y epistemológico de las *comunicaciones radio digital*, se identifican entre otros, los siguientes resultados: los estudiantes afirman tener mayor conciencia sobre las construcciones científicas en comunicaciones radio digital: esta es una actividad humana y cultural, de construcción colectiva (Interdisciplinar), controvertida (A veces el error es el punto de emergencia de nuevos conocimientos) y de conocimiento científico inacabado, por lo tanto, es posible aportar un grano de arena en la construcción de este saber específico. Además, permitió identificar los propios obstáculos epistemológicos y descubrir nuevas relaciones y significados con las teorías sobre las comunicaciones radio digital.

De los resultados que se pueden evidenciar del anexo No. 4, se puede inferir que las diferencias individuales, determinadas a partir del estilo cognitivo del estudiante, inciden en la resolución de problemas; en esta perspectiva teórica, el estudiante con estilo cognitivo de independencia de campo se inclina por

actividades RP que implique pensamiento relacional y trabajo interdisciplinar; mientras que los dependientes de campo prefieren procesos RP deliberativos, consensuados que favorecen la autorregulación y metacognición. Por esta razón se evidencia en Carolina y Jorge (independientes de campo) facilidades para reestructurar el campo estimular, mientras que Lilia (dependiente de campo) demuestra más habilidad para recapitular y verbalizar el proceso RP. Los hallazgos obtenidos en este aspecto, coinciden con los resultados de Hederich y otros (2004) sobre el constructo “estructuración” y Miller (1987) sobre tendencia metodológica y polo de análisis para estudiantes con tendencias hacia la independencia y dependencia de campo.

En cuanto al grupo colaborativo de los 15 estudiantes se evidenció buenos niveles de comunicación, la participación sin temor, el reconocimiento de las ideas de otros y el consenso, los más espontáneos afinaron sus ideas al exponerlas al grupo y al escuchar otras connotaciones que la contradecían, afirmaban o le introducían un nuevo significado. A otros estudiantes la interacción grupal les ayudó a expresar sus dudas, y en algunos casos a resolverlas, lo cual es bastante difícil en un ambiente de aula tradicional. Algunas actividades RP le propiciaron al estudiante situaciones pedagógicas en las cuales pudo ser gestor de su propio aprendizaje, puesto que lo enfrentaba a una tarea a partir de sus propias expectativas y teniendo como elemento fundamental para resolverla sus modos particulares de aprender; en este contexto, se mantuvo siempre en alto el interés y la motivación de los estudiantes.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la perspectiva teórica de las tendencias sobre RP examinadas, el aprendizaje no es una asimilación mecánico-pasiva de conocimientos cuantitativos. Es un proceso de afrontamiento activo y reflexivo en un contexto (problema); tiene lugar a partir de conocimientos previos, y produce un reordenamiento y una reestructuración de las ideas acerca del asunto. Además, se basa en las motivaciones y expectativas de los sujetos involucrados en el proceso mismo, ya que “no hay aprendizaje sin participación” (De Schutter, 1981, 15).

En concordancia con lo anterior, se corroboró que el estudiante aborda y resuelve el problema desde su propio “Umbral de problematicidad” (Elshout, 1985), según su estilo cognitivo inclinado por la dependencia ó independencia de campo; así mismo, que una natural heterogeneidad de los estudiantes en cuanto a dichos estilos, que hubiera podido crear una relación de oposición (cuando están arraigados se convierten en

mecanismos de defensa), se logró encausar de manera constructiva en el aula obteniéndose colaboración y complementariedad en representaciones, procesos e interpretaciones de los estudiantes al resolver el problema. En consecuencia se demuestra que proponer actividades RP colaborativas para estudiantes con el mismo estilo cognitivo, y complementarias para estudiantes con estilos cognitivos diferentes arroja mejores resultados en los procesos de aprendizaje individual y grupal. En esta perspectiva, es claro el papel central de los estilos cognitivos en el proceso del aprendizaje escolar, y la falta de iniciativa de los profesores para hacer pertinentes sus prácticas pedagógicas a los estilos de sus estudiantes ó por lo menos a diseñar actividades en las cuales se puedan conjugar y complementar dichos estilos, en comparación con los esfuerzos dedicados a la transmisión de contenidos, cuando se sabe que los fracasos del aprendizaje no vienen tanto de los fallos de memoria cuanto de la falta de motivación e interés de estudiante porque las actividades académicas no los involucra.

Por otra parte, los tres estudiantes reconocieron la existencia de un problema y a partir de esto hicieron su representación para comprenderlo y finalmente resolverlo; en este contexto, la representación del problema para su comprensión mediante la elaboración de una red de relaciones sobre el enunciado, les permitió a los estudiantes identificar fácilmente los elementos de análisis para comprender el objeto de estudio y fue un paso fundamental en la resolución del problema en cuanto favoreció su exploración, análisis e interpretación, y a través de esto se vislumbró qué conocimientos se iban a activar en la memoria – operativa y de largo plazo- y qué tan fácil era resolverlo. Así mismo, sucedió con la planeación y diseño de la guía laboratorio que orientó el trabajo de simulación, practica de laboratorio y visita técnica para la resolución del problema. Sin embargo, se detectaron obstáculos epistemológicos en cuanto que para algunos grupos de trabajo la aplicación de esta estrategia les impidió inferir implicaciones o hacer deducciones sobre todo cuando los mismos grupos utilizaban términos muy generales, proposiciones con más de dos términos o construían representaciones muy simplificadoras del problema.

En lo que se refiere a la dinámica de trabajo en la fase comprensiva del problema, los participantes desplegaron capacidades cognitivas genéricas: interpretación, comprensión, análisis, transferencia y comunicación de la información; así mismo, conocimiento estratégico y formas de razonamiento: inductivo, analógico e hipotético. También se evidenció en los 3 estudiantes recurrencia en el uso de

estrategias de trabajo hacia atrás y de análisis de medios y fines, que la de trabajo hacia delante, en la cual el problema busca reformularse para que se relacione con los esquemas cognitivos del estudiante; sin embargo, se constató evolución en toma de decisiones y flexibilidad en el razonamiento. En esta perspectiva, las respuestas de los estudiantes considerados para el estudio de casos durante la *prueba de salida*, puntualizan en el razonamiento analógico (Lilia), relacional (Carolina y Jorge), combinatorio (Jorge y Lilia) y Lógico (Carolina, Lilia y Jorge). Por ejemplo, Jorge y Lilia se enfocan en las múltiples causas del problema: limitación en el ancho de banda del canal, fenómenos adversos a la transmisión tales como el ruido, la interferencia intersímbolo y el desvanecimiento; así mismo, extraen inferencias lógicas a partir de la relación entre conceptos: la cantidad de ruido del canal con potencia de transmisión de la señal modulada para inferir la probabilidad de error de la información; mientras que Carolina hace reflexiones sobre relaciones lógicas entre proposiciones: la eficiencia espectral es directamente proporcional a la tasa de transmisión.

En esta fase fue fundamental el espacio del problema (Mayer, 1986), entendida como el conjunto de posibilidades que tiene el resolvente para resolver el problema, esta conllevó la realización de tareas que suponían procesos de razonamiento más o menos complejos, y no solo un procedimiento heurístico, asociativo y rutinario. La verbalización al final de las secciones de los procesos RP realizados por el grupo pequeño de trabajo favoreció una mayor toma de conciencia de las operaciones mentales ejercitadas, estrategias de resolución y dificultades del problema con fines de control y retroalimentación del proceso; así mismo, le ayudó a los participantes a caer en cuenta del uso de estrategias inapropiadas, errores, inexactitudes que el proceso de resolución les deparó. Adicional a lo anterior, se destaca que los comportamientos de inducción a la metacognición desplegadas por los compañeros de clase más avanzados y aquellas del profesor, incidieron significativamente por modelado sobre la percepción y comportamiento metacognitivo del estudiante. Sin embargo, de la claridad y autoeficacia lograda por los estudiantes en la fase comprensiva del problema, depende en gran medida el éxito de la segunda fase.

Antes de cerrar se destaca la buena actitud de los estudiantes frente a actividades que privilegian su participación, y mucha motivación cuando se ven inmersos en procesos de elaboración y defensa de sus propias ideas en la resolución de un problema. En esta perspectiva, el trabajo colaborativo entre iguales movilizó esquemas de conocimiento y aproximaciones

a asuntos generales, por cuanto provocó el enfrentamiento de puntos de vista y estimuló la elaboración de nuevos enfoques metodológicos más idóneos para la resolución del problema.

Sin embargo, la RP tiene dos inconvenientes que aparecen reflejados en los comentarios de los estudiantes y se traducen en valoraciones menos positivas: 1. Los obliga a reflexionar y en consecuencia a trabajar con todas las variables, cuando la tendencia natural es disminuir su número lo más posible, y 2. Cuando los estudiantes resuelven el problema, muestran todo lo que saben, pero también lo que no saben y los conceptos y estrategias erróneas que poseen, porque no solo han de llegar al resultado correcto sino que, además han de intentar verbalizar, reflexionar correctamente, con lo que manifestar errores es más fácil.

En este contexto, fueron piedras de tropiezo en el aprendizaje RP sobre comunicaciones radio digital, la falta de habilidades en los estudiantes para sistematizar los conceptos y así avanzar desde el pensamiento analítico al complejo. Debido a esta carencia, los estudiantes recurrían frecuentemente al algoritmo, tratamiento superficial o procedimiento rutinario orientado hacia un aprendizaje mecánico; razón por la cual, para evitar que el problema se resolviera a modo de ejercicio, se debió implicar al estudiante en la clarificación de los conceptos involucrados en la resolución y en la búsqueda de la relación entre el concepto científico y el procedimiento seguido en el algoritmo. Así mismo, resultó difícil la enseñanza RP en cuanto a cambio de paradigmas en los estudiantes de un razonamiento tradicional basado en "evidencias" y seguridades, a otro en términos de hipótesis y posibilidades, pero a la vez creativo y riguroso.

Para finalizar del trabajo de investigación se identifican dos cuestiones que quedan aún sin resolver: ¿Qué tan relacionados están la dificultad con el control de las ideas y el cambio de naturaleza del procesamiento cognitivo a medida que se avanza en la RP?, y cuando los estudiantes valoran positivamente la estrategia RP ¿Qué razonamientos se esconden detrás de esas opiniones? Quizás ¿están satisfechos de cómo les fue en la evaluación?

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en desarrollo cognitivo y metacognitivo concuerdan con los objetivos, siendo a su vez coherentes con la importancia del reconocimiento de la individualidad de quien enfrenta el problema, pues a partir de ella (conocimientos, experiencias, tipo de inteligencia, creatividad...) se determina en gran medida el abordaje y la reflexión

que la situación suscita y por consiguiente, el curso de acción a seguir frente al obstáculo que enfrenta.

La resolución de un problema identificado a partir de un análisis histórico y epistemológico del tema de estudio, le enseña al estudiante a desmitificar la ciencia y a verla como un sistema de conocimientos que se ha ido estructurando históricamente, cuya veracidad se comprueba y puntualiza constantemente con el devenir de la práctica social y como resultado de la dialéctica del conocimiento, en los nuevos contextos en que se desarrolla (Jessup, 1998); esta perspectiva, rescata el papel potencializador del proceso y le da la posibilidad al estudiantes a tener una mirada crítica hacia el desarrollo científico y a formular propuestas que contribuyan a la transformación y el cambio.

Una enseñanza concebida bajo la forma de disciplinas aisladas difícilmente puede alcanzar objetivos que no sean los cognitivos; mientras que si se concibe de manera interdisciplinaria se aproxima a finalidades más complejas como por ejemplo la actitud democrática y colaborativa que puede desarrollarse aún más en el aula, integrando perspectivas tanto teóricas como metodológicas.

Se advierte sobre la inconveniencia de llevar a cabo una educación científica limitada a la introducción de conceptos, teorías y leyes; así como también, al desarrollo de trabajos de laboratorio prescriptivos; por el contrario, se alienta a orientar la didáctica del conocimiento científico hacia procesos dinámicos de construcción colectiva, colaborativa y con sentido, para su apropiación, comprensión y cambio.

La presencia de estrategias superficiales en el aprendizaje responde a la percepción de los estudiantes de demandas de la resolución del problema y las cargas de trabajo que imponen los demás cursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABET (2005). Criteria for accrediting engineering programs. California, USA. Recuperado el 19 de octubre del 2011 de <http://www.abet.org/>.

Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms, F. Weinert & R. Kluwe (Ed.): Metacognition, motivation, and understanding. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Castelló, A. (1987). La integración escolar del alumno excepcionalmente dotado. En C. Monereo (Ed.): Áreas de investigación del psicólogo de la educación en la integración escolar del alumno con necesidades educativas especiales. Barcelona, España: Federación ECOM.

- Costa, L., Honkala, M. and Lehtovuori, A. (2007). Applying the problem-based learning approach to teach elementary circuit analysis. *IEEE Transactions on Education*, 50(1), 41-48.
- Da Rocha, C. & Ciampi, M. (2007). Engineering formation for 21st century: A challenge for Brazil. *Frontiers in education conference - global engineering: knowledge without borders, opportunities without passports*, 2007. FIE '07. 37th annual. 10-13 Oct. 2007, T1A-1-T1A-4.
- De Schutter, A. (1981). *Investigación participativa: Una opción metodológica para la educación de adultos*, Michoacan, MX. CREFAL.
- Elshout, J. (1985). Problem solving and education, state of the art paper. *Earli conference Lewen*. Junio de 1985.
- Fitzpatrick, C. (2008). A problem based learning (PBL) module on electronics & the environment, *Electronics and the Environment*. Limerick, University, Limerick, 1-6.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Furmanski, J., Kane, S., Gupta, S. & Pruitt, L. (2006). Problem-based learning and assessment of competence in an engineering biomaterials course, *Frontiers in education: FIE*, 21-22.
- González, J. & Loya, J. (2007). Project-based learning of reconfigurable high-density digital systems design: An interdisciplinary context based approach, *5HFrontiers in education: FIE*, S1C-1-S1C-6.
- Hederich, C., Camargo, A. y Reyes, M. (2004). *Ritmos cognitivos en la escuela*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, división de gestión de proyectos, centro de investigaciones.
- Ingwersen, P. (1992). *Information Retrieval Interaction*. London: Taylor Graham.
- Jessup, M. (1998). Resolución de problemas y enseñanza de las ciencias naturales, *Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, TEA: Tecne, Episteme y Didaxis*, 4, 111-124.
- _____ (2011). *La resolución de problemas en una perspectiva de investigación, documento de trabajo*, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*, Barcelona: Laertes.
- Mantri, A., Dutt, S., Gupta, J. & Chitkara, M. (2008). Design and Evaluation of a PBL-Based Course in Analog Electronics, *IEEE Transactions on Education*, 51(4), 432-438.
- Mayer, R. (1986). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Madrid, España: Paidós.
- Miller, E. (1987). Toward a typology of personality styles. *Canadian psychology*, 29, 263-283.
- Montufar (2007). *Problem Solutions in Engineering with Matlab*, Patria Editorial.
- Motschnig, R. & Figl, K. (2007). Developing team competence as part of a person centered learning course on communication and soft skills in project management, *Frontiers in education: FIE*, F2G-15-F2G-21.
- Niaz, M. (1988). The information-processing of chemistry problems and its relation to Pascual -Leones functional M-capacity-, *Int. f. of Science Education*, 10, 231-238.
- Piaget, J. (1973). *Psicología y pedagogía*. Barcelona, España: Editorial Ariel.
- Poveda, G. (2009). *La Ingeniería en Colombia*, *Revista Digital Lampsakos*, 1, 34-46.
- Reed, I., and Solomon, G. (1960). Polynomial codes over certain finite fields. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics* 8(2), 300-304.
- Reisslein, M., Tylavsky, D., Matar, B., Seeling, P. and Reisslein, J. (2007) Active and cooperative learning in a freshman digital design course: impact on persistence in engineering and student motivational orientation, *Frontiers in education: FIE*, S4A-1-S4A-6.
- Renzulli, J., Smith, L., White, A., Callahan, C., Hartman, R. & Westberg, K. (2001). *Escalas de Renzulli (SCRBSS) –Escalas para la valoración de las características del comportamiento de los estudiantes*. Salamanca: Amarú Ediciones.

Rosenberg, J. (2008). Our googley advice to students major in learning. Recuperado el 12 de agosto del 2011 de <http://googleblog.blogspot.com/2008/07/our-googley-advice-to-students-major-in.html>.

Ryoo, J., Fonseca, F. y Janzen, D. (2008). Teaching object-oriented software engineering through problem-based learning in the context of game design. CSEET 2008, IEEE 21st conference on software engineering education and training. 14-17 April, 2008, 137-144.

Schöenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition and sense making in mathematics, Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning. New York: Macmillan, pp. 32-45.

Stake, R. (1999). Investigación con estudio de casos (2a ed.). Madrid: Ediciones Morata.

Talizyna. (1981). De l'enseignement programmé á la programmation de la connaissance. P.U.F. : Lille, France.

TREE: Teaching and research in Engineering in Europe, (2007). Problem-Based Learning. Isik University (Turkey).

Tuning Educational Structures in Europe. (2006a). Informe final. En línea en <http://www.unideusto.org/tuning/>. Tuning. (2006b) Proyecto piloto apoyado por la Comisión Europea en el marco de Programa Sócrates en http://ec.europa.eu/education/policies/educ/tuning/tuning_es.html, Recuperados el 13 de marzo del 2011.

Valdez, M. (1998). Las redes semánticas naturales, usos y aplicaciones en psicología social. México: UNAM.

Vigotsky, L. (1981). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores (1^a ed.). México: Editorial Grijalbo.

ANEXOS

ANEXO No. 1. Rasgos cognitivos y metacognitivos de los estudiantes

Rasgos / Estilo cognitivo	Estilo independiente de campo	Estilo dependiente de campo
Rasgos cognitivos: tiene que ver con la forma en que los estudiantes estructuran los contenidos, forman y utilizan conceptos, interpretan la información, resuelven problemas, seleccionan medios de representación, etc.	Privilegia la representación simbólica	Privilegia la representación verbal
	Tiende a estructurar la información de un tema en la memoria de corto plazo	Tiende a estructurar la información en categorías conceptuales de mayor nivel de abstracción en la memoria de largo plazo.
	Tendencia a centrarse en los objetivos y los resultados.	Tendencia a centrarse en los procesos
	Propenso a generar ideas, hipótesis, predicciones.	Propenso a organizar nuevas perspectivas.
	En presencia de un campo que carezca de organización evidente y clara impone una estructura dada al campo estimular, procesa información de manera secuencial y lineal.	En presencia de un campo que carezca de organización evidente y clara deja el material tal y como había sido presentado, como resultado de su mayor confianza en los referentes externos.
	Enfocan la interpretación de la información de manera analítica	Enfocan la interpretación de la información de manera holística secuencial y global.
	Agudización: resaltan las diferencias entre los elementos del problema y minimizan los rasgos comunes.	Nivelamiento: tienden a minimizar las diferencias entre elementos comunes y semejantes del problema.
Favorece razonamientos inductivo-analógicos.	Favorece razonamientos deductivo-analógicos.	
Rasgos metacognitivos: abarca tres aspectos: la conciencia acerca de los procesos cognitivos, el monitoreo (supervisión, control y regulación) y la evaluación de dichos procesos.	Tienen más conciencia de cómo se produce un pensamiento y la forma como se utiliza una estrategia; responden rápidamente pero cometen más errores.	Tienen mayor conciencia de la eficacia de la propia actividad cognitiva. Planean el curso de la acción cognitiva. Tardan más pero son más eficaces.
	Son personas que intentan poner en práctica las ideas. Tienen menos conciencia del grado en que la meta esta siendo o no lograda.	Les gusta observar y escuchar, se muestran cautos, discretos e incluso a veces quizá distantes.
	Demuestran mayor habilidad para usar lo que conocen. Menos flexibilidad de pensamiento. Mayor atención enfocada hacia el problema.	Establece prioridades y se inclina por el control ejecutivo: selección de la meta, análisis de los medios y toma de decisiones.
	Retroalimentan sus aprendizajes a partir de las experiencias de experimentación, simulación o acción.	Retroalimentan sus aprendizajes a partir de sus procesos introspectivos y de la reflexión propia.
	Evalúan con facilidad la tarea, su nivel de dificultad y los recursos cognitivos que se requieren para desarrollarla.	Tienen facilidad en la elaboración de los reportes y tomar notas.
Preferencias de interacción social	Establece una separación entre él y su entorno. Le gusta pensar por sí mismo. Aprende el contenido del curso que piensa que es necesario. Confía en sus propias habilidades de aprendizaje. En la clase prefiere: estudiar de manera independiente y a su propio ritmo. Clases centradas en el alumno y proyectos libres sugeridos por él mismo. Tiende a ser competitivo.	Se definen como parte del grupo y se dejan influir por el mismo. Ve a los profesores y los compañeros como fuente de estructura y apoyo. Busca las figuras de autoridad para que digan qué tiene que hacer. Dan cohesión al grupo y a su trabajo. En la clase prefiere: que el profesor apunte lo que se va a realizar; prefieren clases centradas en el profesor. Tienden hacia la colaboración y cooperación.

ANEXO No. 2. Categorías, subcategorías e indicadores para identificar desarrollos cognitivos y metacognitivos de los estudiantes considerados para el estudio de casos.

Códigos/Categorías	Códigos/Sub-categorías	Indicadores	Intencionalidad
1.Pensamiento relacional	1.1 Comprensión diferenciada del problema: El estudiante o grupo de estudiantes: ¿Establece relaciones para comprender el problema?	A-¿Identifica elementos/conjuntos de elementos y conceptos/grupo de conceptos involucrados en el problema?: SI __ NO __ B-¿Busca y encuentra tendencias o relaciones entre elementos/conjuntos de elementos y conceptos/grupo de conceptos?: SI __ NO __ C-¿Busca y encuentra regularidades, relaciones y patrones para la comprensión del problema?: SI __ NO __	Las sub-categorías 1.1 y 1.2 corresponden a las manifestaciones del pensamiento relacional del estudiante al comprender y resolver el problema, se proponen indagar en que medida el estudiante aplica el pensamiento relacional.
	1.2 Desarrollo de pensamiento relacional en la resolución del problema: El estudiante o grupo de estudiantes: ¿Manifiesta habilidades de pensamiento relacional al tratar de resolver el problema?	A-¿El trabajo del estudiante/grupo de estudiantes al resolver el problema implica más razonamiento y menos cálculos?: SI __ NO __ B-¿El trabajo del estudiante al resolver el problema implica más análisis y evaluación que resolución inmediata del problema?: SI __ NO __ C-El estudiante/grupo de estudiantes ¿Compara, discrimina, clasifica las alternativas de resolución identificadas?: SI __ NO __ D- ¿El estudiante utiliza el pensamiento relacional cuando expone sus ideas sobre la resolución del problema?: SI __ NO __	
2.Trabajo interdisciplinar	2.1. Aborde interdisciplinar para la comprensión del problema: El estudiante o grupo de estudiantes: ¿Hace abordes interdisciplinarios para la comprensión del problema?	A-¿Visualiza y representa el carácter sistémico y complejo de la realidad involucrados en el problema?: SI __ NO __ B- En la comprensión del problema ¿Hacen aproximaciones a asuntos más amplios?: SI __ NO __ C-¿Distingue y separa los conocimientos involucrados en el problema por temas?: SI __ NO __ D-¿Explora y ubica información necesaria de otras áreas del conocimiento para comprender mejor el problema?: SI __ NO __	Las sub-categorías 2.1 y 2.2 corresponden a la manifestación de una visión interdisciplinar del estudiante al comprender y tratar de resolver el problema, indaga sobre iniciativas del estudiante en este sentido.
	2.2. Aborde interdisciplinar para la resolución del problema: El estudiante o grupo de estudiantes: ¿Hace abordes interdisciplinarios para	A-¿Discierne la pertinencia de tener en cuenta información disponible en otros campos del saber para resolver el problema?: SI __ NO __ B-¿Aplican conocimientos adquiridos en otros cursos para la resolución del problema? : SI __ NO __ C-¿Integra conocimientos diversos en la resolución propuesta?: SI __ NO __	

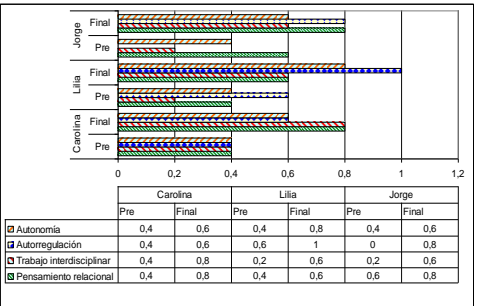
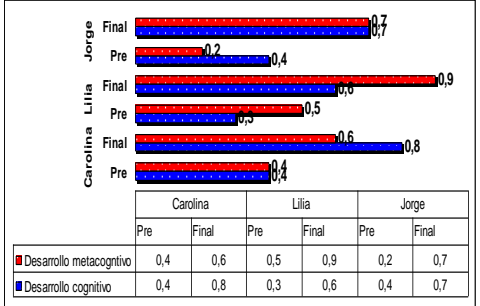
3. Autorregulación de los procesos de aprendizaje	3.1a. Dificultad en la resolución: ¿Hubo o no dificultad al resolver el problema planteado?	A- El estudiante SI tuvo dificultad en la resolución del problema propuesto. B- El estudiante NO tuvo dificultad en la resolución del problema propuesto.	Las sub-categorías 3.1a y b y 3.2a y b corresponden a la cognición sobre la dificultad y sus causas; se proponen indagar en qué medida el estudiante reflexiona su propio conocimiento y las dificultades que perturban sus procesos cognitivos y sus estrategias de pensamiento y de aprendizaje.
	3.1b. Causas de la dificultad: ¿Cuál fue la causa fundamental de la dificultad para resolver el problema?	A- Aprendizajes anteriores deficientes o con baja comprensión B- La identificación de los conceptos y sus relaciones que están en la base de la situación problema. C- La aplicación de los principios teóricos. D- Poco ejercicio en planificación y control. E- Poca relación entre los aprendizajes adquiridos. F- La simulación del modelo. G- El diseño y montaje físico.	
	3.2a. Dificultad en la presentación de resultados: ¿Hubo o no dificultad al presentar los resultados? 3.2b. Causas de la dificultad: ¿Cuál fue la causa fundamental de la dificultad para presentar los resultados de la resolución?	A- El estudiante SI tuvo dificultad en la presentación de los resultados. A-Falta de esquemas apropiados de exposición B- La identificación de los conceptos y sus relaciones que están en la base de la situación problema. C- Poca aplicación a problemas de la vida real. D- Falta de conocimientos teóricos. E- Incapacidad para categorizar el problema. F- La simulación del modelo. G- El diseño y montaje físico.	
3.3a. Autogestión de la dificultad: estrategias superadoras. ¿Cómo controlas lo que haces cuando tienen dificultades al resolver un problema?	A- Pedir ayuda a otro grupo de trabajo B- Solicitar una nueva explicación al profesor. C- Se evalúa el proceso de resolución seguido y se diagnostican sus falencias. D- Cambiar a otras estrategias más adecuadas. E- Las sensaciones de dificultad inducen al grupo a la suspensión del proceso de aprendizaje. F- No sabe como superar la dificultad.	Las sub-categorías 3.3a y b, corresponden al control y autorregulación cognitiva sobre la dificultad, e indaga sobre los procesos de control del estado actual de la propia comprensión y	

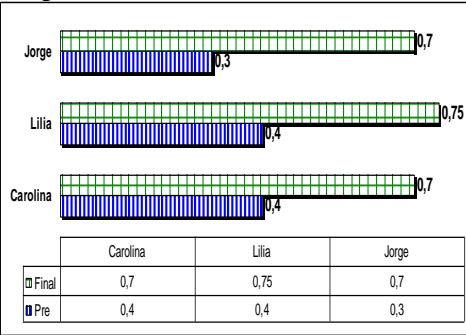
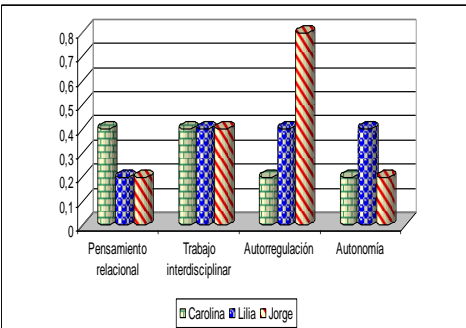
	<p>3.3b. Autogestión de la dificultad: retroalimentación de experiencias. ¿Cómo utilizas (si es que lo haces) las experiencias ganadas para guiar tus acciones frente a una dificultad al resolver un problema?</p>	<p>A-Reconozco experiencias de resolución exitosas con propósitos de ganar autoconfianza B-Reconozco experiencias de resolución exitosas como alternativas de solución para nuevos problemas. C-Reconozco experiencias de resolución inapropiadas y equivocadas con el fin de evitarlas. D-Reconozco experiencias de resolución incompletas y ambiguas con fines de control y retroalimentación. E-No utilizo las experiencias de mis observaciones. F-Reoriento las observaciones para precisar significados. G-Reoriento las observaciones para depurar procedimientos.</p>	<p>las estrategias a que recurre para superar sus dificultades.</p>
<p>4. Aprendizaje autónomo con responsabilidad</p>	<p>4.1. Indicios de autonomía en el afrontamiento de la resolución y presentación de resultados. En la determinación de la mejor manera de llegar a la resolución del problema planteado y de exponer los resultados, los estudiantes considerados para el estudio de casos o sus respectivos grupos de trabajo dan indicios de autonomía:</p>	<p>A-¿Toman decisiones? : SI __ NO __ B-¿Justifican las decisiones tomadas? : SI __ NO __ C-¿Seleccionan los recursos requeridos para la RP? : SI __ NO __ D-Reflexiona y discierne sobre los planes de acción a seguir en la resolución del problema?: SI__ NO__ E-¿Realizan trabajo independiente, por ejemplo experimentos? : SI __ NO __ F-¿Discierne por si mismo las vías de solución? : SI __ NO __ G-¿Analiza y evalúa la consistencia de lo que dice y hace para presentar los resultados del trabajo? : SI __ NO __ H- ¿Analiza y evalúa la consistencia de las propias ideas? : SI __ NO __ I-¿Cuestionan con argumentos otras posiciones? : SI __ NO __</p>	<p>La sub-categoría 4.1 corresponde a la toma de decisiones, el trabajo independiente y la autonomía en los procesos de resolución de problemas y presentación de los resultados</p>

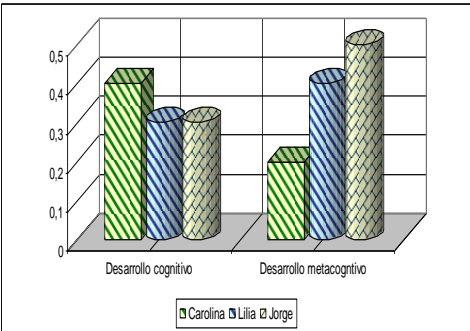
ANEXO No. 3. Algunas características de los estudiantes considerados para el estudio de casos.

Carolina	Lilia	Jorge
<ul style="list-style-type: none"> • Según ella, siempre ha superado las exigencias de las asignaturas del plan de estudios de electrónica. • No es la más brillante en el curso, simplemente aprueba sin esforzarse demasiado • Normalmente, se conforma con el aprobado. • Participa en clase cuando se lo pide el profesor y en contadas ocasiones por iniciativa propia. • La posición del estudiante es lograr un estudio balanceado entre no realizar mucho esfuerzo y no fracasar en la tarea: motivación extrínseca. • Cuando consulta las fuentes de información se interesa por encontrar el mensaje del autor. • Prefiere planificar, seguir reglas y centrarse en los aspectos concretos de la realidad. <p>Las dudas que tiene respecto de la materia siempre las consulta al profesor fuera de la clase o el laboratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se destaca por tener uno de los mejores promedios de su semestre. • Se ajusta a las demandas de la tarea para obtener buenos resultados en el estudio • Su motivación para el aprendizaje es extrínseca: deseo de alcanzar el éxito, la búsqueda constante del dominio, afán por sobresalir, obtener la aprobación del grupo y lograr mayor competencia • Cuando tiene que consultar fuentes de información lo hace sólo cuando es necesario y en nivel factual, favoreciendo las fuentes disponibles. Además, elige temas bien conocidos para asegurar la facilidad de localización de fuentes de información. • Tendencia a abordar la temática a aprender como partes de conocimiento no relacionadas. • Manifiesta tener problemas en apreciar la estructura de los principios involucrados en el material a aprender. • Sus opiniones inspiran un cierto respeto entre sus compañeros. • Realiza sus actividades académicas frecuentemente con dos compañeros que tienen un rendimiento académico similar a ella • Desencadena interesantes diálogos y tomas de posición cuando trabajan en grupo y es evaluada. <p>Se preocupa por un método de estudio organizado y un manejo de tiempo efectivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un estudiante rápido en comprender explicaciones del profesor y bastante reflexivo. • Piensa en forma crítica, quizás un tanto negativa, pregunta ¿por qué? o ¿por qué no? • Prefiere la novedad e ir más allá de las reglas establecidas. • Siempre es de los primeros en acabar las actividades que se le propone, lo que lo convierte en un estudiante al que sus compañeros más próximos consultan con frecuencia • Al responder las preguntas del profesor, lo suele hacer de forma precisa y generalmente acertada. • Tiene la tendencia a enfocar algebraicamente los problemas y actividades de clase. Con impulso marcado a la ejecución inmediata y a utilizar datos numéricos del problema. • Obtiene mejores notas que Carolina en comunicaciones radio digital, a pesar de que, según él, no la estudia demasiado.

ANEXO No. 4. Resultados sobre los cambios en desarrollos cognitivo y metacognitivo alcanzados por los estudiantes considerados para el estudio de casos.

Aspecto a considerar	Información cuantitativa*	Inferencia de la figura	Factor del proceso RP que más influyó en el resultado																																										
Cambios en desarrollos de los tres estudiantes.	<p>Por categorías:</p>  <table border="1" data-bbox="338 537 814 662"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Carolina</th> <th colspan="2">Lilia</th> <th colspan="2">Jorge</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Pre</th> <th>Final</th> <th>Pre</th> <th>Final</th> <th>Pre</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Autonomía</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> <td>0,8</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Autorregulación</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,6</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Trabajo interdisciplinario</td> <td>0,4</td> <td>0,8</td> <td>0,2</td> <td>0,6</td> <td>0,2</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Pensamiento relacional</td> <td>0,4</td> <td>0,8</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> </tr> </tbody> </table>		Carolina		Lilia		Jorge			Pre	Final	Pre	Final	Pre	Final	Autonomía	0,4	0,6	0,4	0,8	0,4	0,6	Autorregulación	0,4	0,6	0,6	1	0	0,8	Trabajo interdisciplinario	0,4	0,8	0,2	0,6	0,2	0,6	Pensamiento relacional	0,4	0,8	0,4	0,6	0,6	0,8	<p>-Carolina evidenció mayor cambio en el desarrollo de habilidades de pensamiento relacional (0.4). -El trabajo interdisciplinario fue igual en los tres estudiantes (0.4) -Jorge logró niveles de autorregulación altos (0.8). - Mientras que Lilia los obtuvo en autonomía (0.4).</p>	<p>-El estilo de independencia de campo de Carolina la favoreció en el desarrollo de pensamiento relacional en cuanto le facilitó concebir el problema en las fronteras de su contexto y desde allí articular sus partes para comprenderlo. -La orientación del diseño didáctico por procesos más que por contenidos o resultados, motivaron en gran medida los cambios en el desarrollo por trabajo autónomo, autorregulación y abordos interdisciplinarios de los estudiantes: Lilia evidenció mayores cambios en autonomía debido a su mayor interés por ser competente y eficaz frente a sus compañeros; Jorge por su parte, demostró mayor coherencia, claridad y brevedad en la verbalización de sus ideas, que son reflejo de la toma de conciencia de las operaciones mentales implicadas, lo que es indicativo de procesos de autorregulación; así mismo, se presentaron cambios iguales en abordos interdisciplinarios en los 3 estudiantes, esto a causa del proceso RP que para su resolución propicia la movilización de conceptos de unas áreas del conocimiento hacia otras, en este caso hacia las comunicaciones radio digital.</p>
	Carolina		Lilia		Jorge																																								
	Pre	Final	Pre	Final	Pre	Final																																							
Autonomía	0,4	0,6	0,4	0,8	0,4	0,6																																							
Autorregulación	0,4	0,6	0,6	1	0	0,8																																							
Trabajo interdisciplinario	0,4	0,8	0,2	0,6	0,2	0,6																																							
Pensamiento relacional	0,4	0,8	0,4	0,6	0,6	0,8																																							
	<p>Por dimensiones:</p>  <table border="1" data-bbox="338 1114 814 1230"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Carolina</th> <th colspan="2">Lilia</th> <th colspan="2">Jorge</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Pre</th> <th>Final</th> <th>Pre</th> <th>Final</th> <th>Pre</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Desarrollo metacognitivo</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,5</td> <td>0,9</td> <td>0,2</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>Desarrollo cognitivo</td> <td>0,4</td> <td>0,8</td> <td>0,3</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>		Carolina		Lilia		Jorge			Pre	Final	Pre	Final	Pre	Final	Desarrollo metacognitivo	0,4	0,6	0,5	0,9	0,2	0,7	Desarrollo cognitivo	0,4	0,8	0,3	0,6	0,4	0,7	<p>-Se destacan las valoraciones más altas en los cambios en desarrollo de habilidades: cognitivas en Carolina (0.8) y metacognitivas en Jorge (0.5).</p>	<p>-El planteamiento de una situación problemática abierta, sin organización evidente y clara, favoreció a los estudiantes con estilo cognitivo de independencia de campo, especialmente a Carolina, porque le facilitó la transformación de los datos y la reestructuración de la información contenida en el contexto del problema (pensamiento relacional y abordos interdisciplinarios). De acuerdo a Hederich y otros (2004), éstos son más propensos a imponer una estructura al campo estimular cuando el problema o tarea carece de dicho campo. -Por su parte, los cambios en autorregulación mostrados por Jorge podría tener relación con su edad (es el mayor de los 3) que le otorga mayor conciencia para valorar las propias aptitudes y limitaciones a la hora de enfrentarse a las exigencias cognitivas implicadas en la RP; esta facultad le permitió tomar decisiones sobre cómo seguir adelante, modificar o abandonar la estrategia escogida; con lo cual fue más provechoso para salir rápidamente de</p>														
	Carolina		Lilia		Jorge																																								
	Pre	Final	Pre	Final	Pre	Final																																							
Desarrollo metacognitivo	0,4	0,6	0,5	0,9	0,2	0,7																																							
Desarrollo cognitivo	0,4	0,8	0,3	0,6	0,4	0,7																																							

	<p>En general:</p>  <table border="1" data-bbox="342 467 804 565"> <thead> <tr> <th></th> <th>Carolina</th> <th>Lilia</th> <th>Jorge</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Final</td> <td>0,7</td> <td>0,75</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>Pre</td> <td>0,4</td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> </tr> </tbody> </table>		Carolina	Lilia	Jorge	Final	0,7	0,75	0,7	Pre	0,4	0,4	0,3	<p>las dificultades.</p> <p>-Se evidenció mayor cambio en el desarrollo en general (de las habilidades cognitivas+metacognitivas) en Jorge (0.4).</p>	<p>-La representación del enunciado del problema y la resolución del mismo implica procesos de conceptualización, representación, delimitación y explicación que exigen completar o desechar información, así como interpretar y relacionar información con las concepciones personales previas; en esta perspectiva, contar con mayores conocimientos y/o experiencia previa podría ser la causa por la cual la balanza de los cambios en el desarrollo en general se inclinó hacia Jorge, que esta terminando matemáticas simultáneamente en la misma institución. Aunque también pudo haber estado en función de la dificultad del problema, lo cual implicó mayor implicación en la resolución del mismo. Esto corrobora lo afirmado por Niaz (1988), en cuanto que hay una correlación entre las habilidades exigidas en la resolución del problema y la capacidad mental del estudiante que lo resuelve, correlación que es mayor al aumentar el nivel de dificultad del problema y que se supera más fácilmente en la medida que se cuenta con mayor motivación, involucramiento y conocimientos previos.</p>
	Carolina	Lilia	Jorge												
Final	0,7	0,75	0,7												
Pre	0,4	0,4	0,3												
<p>Cambios referidos a los tipos de desarrollos privilegiados por los estudiantes considerados para el estudio de casos.</p>	<p>Por categorías:</p> 	<p>-Los estudiantes privilegian la autorregulación; en esta categoría se evidencian mayores interacciones, verbalizaciones y por ende cambios en desarrollo.</p> <p>-Así mismo, se presenta simetría en cuanto a cambios en el desarrollo del aspecto interdisciplinar en los tres estudiantes.</p>	<p>-Las actividades RP mediadas por el profesor y los compañeros, orientadas hacia las construcciones colectivas de significados, verbalización de los procesos RP, deliberación de las propias ideas en grupos pequeños de trabajo y evaluación formativa, fueron prácticas pedagógicas que se relacionaron estrechamente con la autorregulación de los procesos RP y más motivaron/comprometieron a los estudiante en su aprendizaje; por estas razones, se evidencia la prelación de esta categoría. Empero, en algunos episodios de la intervención académica, el proceso de autorregulación esperado resultó ser inestable en el tiempo, algunas veces automático y difícil de verbalizar (hacer un reporte de las actividades) debido a la falta de habilidades en los estudiantes y el profesor para realizar la evaluación flexible.</p> <p>-Por otra parte, algunas actividades de la agenda de trabajo: diseño de guías de laboratorio, simulación, construcción de redes de relaciones, dieron la posibilidad a los estudiantes, que para su desarrollo, intentaran soluciones desde marcos teóricos o metodológicos de otros campos del conocimiento mediante trabajo interdisciplinar, que favoreciera visiones amplias y pensamiento</p>												

	<p>Por dimensiones:</p>  <table border="1"> <caption>Desarrollo cognitivo y metacognitivo por estudiante</caption> <thead> <tr> <th>Estudiante</th> <th>Desarrollo cognitivo</th> <th>Desarrollo metacognitivo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carolina</td> <td>0.45</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>Lilia</td> <td>0.35</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>Jorge</td> <td>0.35</td> <td>0.55</td> </tr> </tbody> </table>	Estudiante	Desarrollo cognitivo	Desarrollo metacognitivo	Carolina	0.45	0.25	Lilia	0.35	0.45	Jorge	0.35	0.55	<p>-Se evidencia mayor cambio en el desarrollo de habilidades metacognitivas.</p>	<p>diverso y complejo. Estas actividades también lograron cautivar la atención y el interés de los 3 estudiantes en sus procesos RP.</p> <p>-La metacognición mediante sus rasgos de autorregulación, toma de conciencia y autonomía fue la dimensión de desarrollo de mayor significancia y representatividad para los 3 estudiantes. Entre otras causas, se debió a la dinámica flexible del proceso RP, al involucramiento de los estudiantes en la negociación de contenidos, interpelación frente a la dificultad, autogestión mediante estrategias superadoras y retroalimentación mediante una evaluación formativa, transversal y permanente.</p> <p>En la dimensión cognitiva, los estudiantes también demostraron recursividad con el uso de técnicas para la generación y correlación de ideas, tales como el listado de atributos, la red de relaciones, cuadros sinópticos, matrices de entradas/salidas, diagramas de bloques, esquemas y mapas conceptuales, que les permitieron establecer diferentes niveles de relación entre partes de un concepto, entre tipos o versiones de un concepto y entre combinaciones de dos o más estructuras conceptuales. Además, fueron capaces de reconvertir ideas abstractas y vagas en concretas y realizables, que integradas a las otras, contribuyeron en la resolución.</p>
Estudiante	Desarrollo cognitivo	Desarrollo metacognitivo													
Carolina	0.45	0.25													
Lilia	0.35	0.45													
Jorge	0.35	0.55													