

# El éxito en la enseñanza de las ciencias basada en indagación (EBCI): Una cuestión más allá del aula de clase

Success in the teaching of Sciences based on inquiry (TSBI): a link beyond the classroom

Sucesso no Ensino de Ciências Baseado na Pesquisa (ECBP). Um vínculo além da sala de aula?

José David Meisel Donoso\*  
Helga Patricia Bermeo Andrade\*\*  
Carolina Saavedra Moreno\*\*\*  
Luceli Patiño Garzón\*\*\*\*

\* Magíster en Ingeniería industrial, Universidad de los Andes, Colombia. Docente Tiempo Completo e Investigador del Grupo GINNOVA, Universidad de Ibagué, Colombia.  
Correo electrónico: jose.meisel@unibague.edu.co

\*\* Doctor en proyectos de ingeniería e innovación, Universidad Politécnica de Valencia, España. Directora e Investigadora del Grupo GINNOVA, Universidad de Ibagué, Colombia.  
Correo electrónico: helga.bermeo@unibague.edu.co

\*\*\* Ingeniería industrial. Universidad de Ibagué, Colombia. Joven Investigador del Grupo GINNOVA, Universidad de Ibagué, Colombia.  
Correo electrónico: carolina.saavedra@unibague.edu.co

\*\*\*\* Doctora en Ciencias Pedagógicas, Universidad de Cienfuegos, Cuba. Directora del Centro de Estudios de Didáctica y Pedagogía, Universidad de Ibagué, Colombia.  
Correo electrónico: luceli.patino@unibague.edu.co

## Resumen

Una cuestión de interés para la comunidad en general consiste en conocer el grado de efectividad que se logra en aquellos programas de educación orientados a la enseñanza de las ciencias en los jóvenes. Consecuentes con esta necesidad, en este artículo se presentan los resultados del proceso de evaluación del impacto pedagógico del Programa Pequeños Científicos (PPC) en la ciudad de Ibagué (Colombia).

## Palabras claves

Proyecto pequeños científicos, ambiente de aprendizaje, competencias ciudadanas, factores asociados al aprendizaje en el aula de clase.

## Abstract

A matter of interest for the community in general involves knowing the grade of effectiveness which is achieved in those programs of education directed to the teaching of Sciences to young people. According to this idea, the results of evaluating the pedagogical impact on the Little Scientists Project (LSP) in Ibagué in Colombia are presented in this article.

## Key words

Little scientists project, learning environment, citizen competences, factors linked to learning.

## Resumo

Uma questão de interesse para a comunidade é conhecer o grau de eficácia alcançado nos programas de educação voltados à educação científica nos jovens. Consistente com esta necessidade, neste artigo apresenta-se os resultados da avaliação do impacto pedagógico do Programa Pequenos Científicos (PCP) na cidade de Ibagué (Colômbia).

## Palavras-chave

Proyecto pequenos cientistas, ambiente de aprendizagem, competências dos cidadãos, fatores associados à aprendizagem.

Fecha de recepción: 21 de septiembre de 2009

Fecha de aprobación: 11 de noviembre de 2009

## Introducción

Para competir con éxito en la sociedad del conocimiento y de la tecnología del siglo XXI, se requieren personas con capacidad para pensar de manera crítica, resolver problemas y apropiar adecuadamente el uso de tecnologías. En este contexto, toma importancia la necesidad de impartir una educación a lo largo de la vida que se fundamente en cuatro pilares: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos, aprender a ser (Delors, 1996).

En particular, el *aprender a hacer* consiste en un llamado a ofrecer una educación, más que profesionalizante, que capacite a los individuos en la competencia para hacer y tomar acción frente a las diversas situaciones que enfrenta en su entorno. Asimismo, con el surgimiento de grandes avances tecnológicos en materia de informática y comunicaciones, se reconoce la necesidad de que, a través de la educación, también se lleve a cabo la alfabetización tecnológica de los ciudadanos como uno de los factores claves para garantizar el desarrollo sostenible de los pueblos y reducir la brecha tecnológica frente a los países más desarrollados (NSRC, 1997; Unesco, 2001).

Para lograr lo anterior, se ha subrayado la necesidad de promover una ciencia escolar válida y útil para los estudiantes; un contexto donde el modelo de enseñanza de las ciencias sea coherente y pertinente con la realidad del mundo globalizado, con el fin de contribuir al desarrollo de una comprensión flexible, sistemática y principalmente crítica del mundo, de los otros y de sí mismos (Acevedo, 2004). Así, un elemento principal consiste en la importancia que tiene la primera etapa del proceso de educación formal; allí se presenta la oportunidad de sentar las bases del pensamiento científico y educar la curiosidad natural de los estudiantes hacia hábitos del pensamiento más sistemáticos y autónomos (Furman, 2008).

## Métodos de enseñanza de las ciencias y la propuesta ECBI

En el proceso de evolución de los modelos de enseñanza de las ciencias, y en la búsqueda, día a día, del mejoramiento y de la optimización del aprendizaje, se han desarrollado a través del tiempo diversos métodos opuestos a la metodología de la enseñanza tradicional –entendida como la posibilidad que privilegia el aprendizaje memorístico y en donde el

docente se constituye en el protagonista del proceso y los estudiantes solo cumplen un rol pasivo en la clase–. Estos nuevos métodos, se basan en un enfoque constructivista que propone una construcción conjunta del conocimiento, esto significa que el aprendizaje no solo es un asunto de transmisión, asimilación y acumulación de conocimientos sino un proceso para ensamblar, interpretar y construir conocimiento desde los recursos de la experiencia y la información que recibe el estudiante (Buch y Wolff, 2000; Barros, 2008).

A partir del enfoque constructivista se han desarrollado, entre otras, dos metodologías principales: los modelos basados en el estudiante como científico y aquellos que vislumbran al estudiante como aprendiz (Barros, 2008). La teoría general del primer grupo de modelos afirma que la educación científica del alumno se debe plantear acorde con el quehacer científico. En este modelo tiene lugar la metodología de enseñanza por investigación: se utiliza la simulación en clase de las actividades de los grupos de investigación como principal estrategia para la construcción del conocimiento. Desde la perspectiva del aprendiz, se afirma que “cuanto más ajustados y precisos se hagan los diseños de enseñanza a los procesos de aprendizaje y desarrollo cognitivo que llevan al estudiante a convertirse en experto en ciencias, mayores serán las posibilidades para provocar esta transformación cognitiva” (Barros, 2008). Desde el segundo enfoque, se resalta la importancia de la predisposición a aprender y el hecho de que el conocimiento tenga un significado lógico para los aprendices (Campanario y Moya, 1999; Barros, 2008).

A través de los años se han generado nuevas propuestas metodológicas que complementan y enriquecen las anteriores (Campanario y Moya, 1999). En este sentido, se destacan: la enseñanza por descubrimiento; las basadas en proyectos, problemas y casos; y la enseñanza de las ciencias basada en indagación (Campanario y Moya, 1999; Prince y Felder, 2006; Olier, Duque y Tiberio, 2007). La enseñanza por descubrimiento fomenta la actividad autónoma del estudiante e insiste en el papel del estudiante en aprender a descubrir. La enseñanza basada en el uso de problemas/casos busca que el estudiante en el proceso de resolución aprenda a tomar decisiones, a analizar a partir de diversas fuentes y a descubrir ideas nuevas.

Por último, la enseñanza de las ciencias basada en indagación –conocida por sus siglas iniciales como ECBI y cuyos inicios como modelo pedagógico se ubican en la década de los años 70 en los Estados

Unidos, bajo el liderazgo del premio Nobel de Física Leon Lederman- tiene, como uno de sus principales antecedentes, su puesta en marcha en Francia con el programa “La main à la pate” (las manos en la masa) bajo el liderazgo del premio Nobel de Física George Charpak (Duque, 2008).

La propuesta ECBI se basa principalmente en el aprendizaje a través de actividades que implican la realización de observaciones, la formulación de preguntas, la revisión de fuentes de información y evidencias experimentales, la planificación de investigaciones, la proposición de respuestas y explicaciones y la comunicación de resultados. La indagación requiere la capacidad del aprendiz para la identificación de supuestos, el uso del pensamiento crítico y lógico y la consideración de explicaciones alternativas. En este contexto, los estudiantes aprenden la manera científica de conocer el mundo y desarrollan la capacidad de realizar investigaciones (NRC, 2000). Más allá de lo señalado, la ECBI se caracteriza porque exige que los actores inmersos (docentes, estudiantes, comunidad institucional) se cuestionen acerca de la ciencia que se debe y es posible enseñar (Campanario y Moya, 1999). La ECBI obedece a un enfoque multifacético que pretende que los docentes se orienten hacia pedagogías con las cuales se motive a los estudiantes al aprendizaje de las ciencias (Deboer, 2006).

## Antecedentes en la evaluación de la propuesta ECBI

A partir de la metodología ECBI en el ámbito mundial se han desarrollado diferentes programas de enseñanza, por lo cual se creó un grupo de trabajo bajo el auspicio del Panel-Interacademias sobre Asuntos Internacionales (IAP) en Estocolmo, en el año 2005. El grupo se constituyó a partir de claros propósitos: construir información acerca de la operación y los efectos de ECBI en diferentes contextos culturales, compartir experiencias, materiales y diseños en evaluación de prácticas de ECBI y, con base en lo anterior, mejorar la implementación de diversos proyectos ECBI en los diferentes países.

En la actualidad, más de una treintena de países adelantan proyectos de introducción de la indagación como estrategia de enseñanza-aprendizaje de la ciencia y la tecnología

“En la actualidad, más de una treintena de países adelantan proyectos de introducción de la indagación como estrategia de enseñanza-aprendizaje de la ciencia y la tecnología en colegios de educación básica y media.”

“La propuesta ECBI se basa principalmente en el aprendizaje a través de actividades que implican la realización de observaciones, la formulación de preguntas, la revisión de fuentes de información y evidencias experimentales, la planificación de investigaciones, la proposición de respuestas y explicaciones y la comunicación de resultados.”

en colegios de educación básica y media. Entre los programas que se destacan por su implementación y por las lecciones que ha dejado su sistema de evaluación se encuentran: en Europa, el caso de Francia por el diseño de instrumentos de seguimiento; en América, el caso de Chile, México, Brasil y Colombia, por las lecciones derivadas.

En Chile, a partir del desarrollo del sistema de evaluación se concluyó que ECBI representa un aporte valioso para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que requiere distintos apoyos y recursos para generar cambios en las clases y, así, ofrecer mejores oportunidades de aprendizaje (Harlen y Allende, 2007; López, 2009).

En México, derivado del sistema de evaluación del programa “La ciencia en tu Escuela” se concluye preliminarmente que las actitudes favorables hacia las ciencias y las matemáticas generan ambientes de aprendizaje constructivos y que mejorar la comprensión del maestro repercute en su seguridad y motivación para realizar actividades experimentales (González, 2009).

En Brasil, los datos obtenidos de los protocolos de observación, cuestionarios y registros de los estudiantes y docentes utilizados en el sistema de evaluación del proyecto “ABC en la Educación

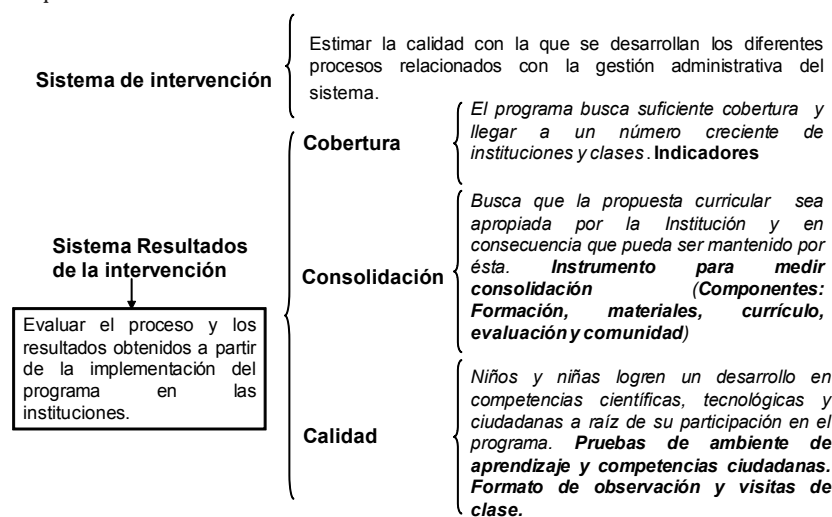
Científica-Manos en la Masa” destacan que el programa ha contribuido a que los niños sean capaces de confrontar sus hipótesis con los resultados obtenidos y formular una explicación para el fenómeno que relacionan con otros fenómenos de su vida cotidiana. Además, los maestros consi-

deran que la enseñanza se hace más atractiva con la metodología indagatoria (ECBI); indican que las actividades favorecen el aprendizaje de contenidos y habilidades como la observación, la argumentación y la organización (Grynszpan, 2009).

En Colombia, la ECBI está presente como propuesta pedagógica en el Programa Pequeños Científicos (PPC) desde el año 1998. Este programa busca cambiar la forma de enseñar ciencias en la escuela básica y media colombiana. Su propósito principal consiste en desarrollar en los niños competencias científicas y tecnológicas, habilidades de comunicación y competencias ciudadanas; todo ello a través de procesos de formación docente y de la formación de formadores de docentes (Duque, 2008). El PPC trabaja directamente con los docentes y las instituciones educativas, e indirectamente con los niños. A los docentes, por medio de un esquema de formación, el PPC les proporciona herramientas básicas para realizar una clase de ciencias basada en la indagación; a las instituciones, les adelanta un esquema de seguimiento para facilitar la implementación del mismo.

El proceso de evaluación propuesto para el PPC es sistémico e incluye dos dimensiones de análisis (ver Figura 1): el sistema de intervención y los resultados de la intervención. En particular los resultados de la intervención se analizan a partir de tres componentes: cobertura, consolidación y calidad. Esta última mide el logro en el desarrollo de competencias ciudadanas (cognitivas, emocionales, comunicativas) y la generación de un ambiente de aprendizaje.

**Figura 1.** Esquema del sistema de evaluación del proyecto Pequeños Científicos



Fuente: Meisel, 2007

“En Colombia, la ECBI está presente como propuesta pedagógica en el Programa Pequeños Científicos (PPC) desde el año 1998. Este programa busca cambiar la forma de enseñar ciencias en la escuela básica y media colombiana. Su propósito principal consiste en desarrollar en los niños competencias científicas y tecnológicas, habilidades de comunicación y competencias ciudadanas...”

Los resultados de la aplicación del sistema de evaluación del PPC en Colombia se inician con el trabajo piloto realizado en Bogotá durante el año 2006. Tal ejercicio de evaluación reveló dos aspectos en particular: a) las instituciones más consolidadas en la implementación del Programa logran un ambiente de aprendizaje propicio para el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas en los estudiantes, b) la vinculación continuada de docentes y aprendices a la propuesta pedagógica del PPC contribuye a generar a través del Programa un ambiente de aprendizaje propicio para el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas en los estudiantes (Meisel, 2007).

Durante el año 2008 se llevó a cabo el proceso de evaluación del PPC en la ciudad de Ibagué, el cual se enriqueció a partir de caso de estudio en la ciudad de Bogotá. Particularmente, en el caso de Ibagué se analizó el impacto y el alcance del Programa desde la perspectiva de los estudiantes; para ello se atendieron los factores individuales, grupales e institucionales y su relación con los logros del PPC, en términos de ambiente de aprendizaje en el aula de clase y el desarrollo de competencias ciudadanas en los estudiantes.

## Metodología para la evaluación del caso de estudio

A continuación, se describen los aspectos metodológicos empleados en la evaluación del caso de aplicación del PPC en la ciudad de Ibagué.

- Población objetivo. Estudiantes de los cursos de 4 y 5 de primaria de diferentes instituciones educativas de la ciudad de Ibagué que implementaron Pequeños Científicos en sus aulas de clase. La muestra se conformó a partir de dos estratos: docentes vinculados a la formación en el año 2008 (sin experiencia en el Programa) y docentes que ya habían sido formados (2004-2007). Para cada estrato se seleccionaron aleatoriamente 12 y 16 cursos respectivamente. A esta muestra de estudiantes –en total n=636– se les aplicó los instrumentos definidos en la Figura 1 en dos momentos del año, al principio y al final del año de formación en el marco del PPC, con el propósito de poder comparar la evolución de los estudiantes en los factores que involucran las pruebas.
- Modelo y variables de medida. El modelo general de análisis se indica en la Figuras 2 y 3. Como se podrá observar, los factores considerados incluyen variables relativas al estudiante, al docente, al curso y a la institución en la cual se implementó el PPC. De esta forma, se analizan cinco factores como variables independientes y tres factores como variables dependientes, para cada una de las fases de evaluación definidas (ver anexos tabla 4).
- Técnicas de análisis. En el instrumento de medición de ambientes de aprendizaje (originalmente con 25 preguntas) se evaluó el grado de explicación y la validez de los constructos resultantes. Mediante un análisis factorial confirmatorio, se agruparon las repuestas de los estudiantes en tres nuevos factores, con los cuales se logró acoger el 32.89% de la variación presente en las respuestas originales y así alcanzar un nivel de confiabilidad mínimo aceptable ( $\alpha_{Cronbach} > 0.55$ ). La validación del instrumento de observación directa correspondió con mantener el mismo sujeto observador durante los dos momentos o fases PPC. Finalmente, para el análisis de naturaleza y relación entre las variables dentro de cada fase y entre fases, una vez comprobada la normalidad en las variables, se recurrió al análisis estadístico tanto descriptivo como inferencial (Técnicas de Análisis ANOVA, MANOVA y PAREADO).

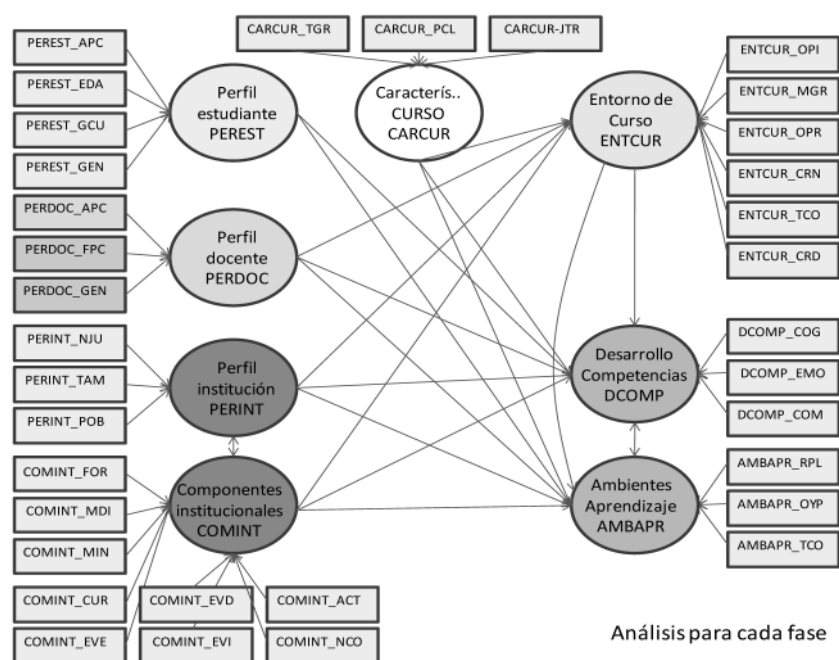
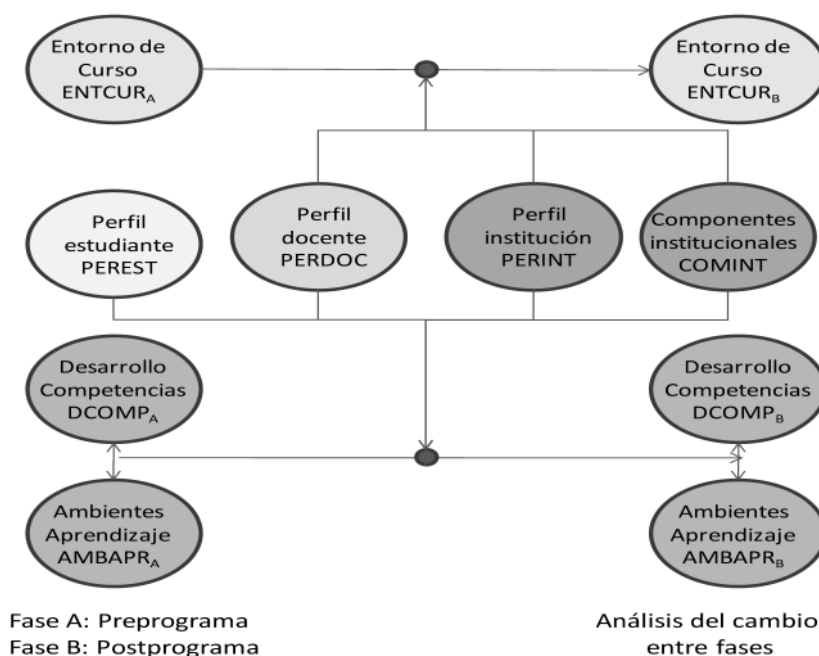


Figura 2. Análisis para cada fase

Figura 3. Análisis del cambio entre fases



## Resultados de la evaluación del caso de estudio

Vale recordar aquí que el propósito principal del estudio es analizar la influencia de factores individuales, grupales e institucionales en la condición inicial y final de los grupos de estudiantes intervenidos por el PPC en la ciudad de Ibagué. En esta medida, se analiza si existe diferencia en las respuestas de los niños al desarrollo de competencias ciudadanas y a la creación de ambientes apropiados para su aprendizaje de las ciencias, por razón de características institucionales, componentes institucionales, características del curso, perfil del docente y perfil del estudiante. Finalmente, se analiza la relación que se deriva del entorno de aprendizaje del curso con la respuesta promedio de los niños, al desarrollo de competencias ciudadanas (cognitivas, emocionales y comunicativas) y a la creación de ambientes apropiados para su aprendizaje de las ciencias (respeto a la palabra, opinión y participación y trabajo colaborativo).

## Análisis del desarrollo de competencias ciudadanas

Los resultados del análisis descriptivo de las tres variables que componen las competencias ciudadanas –cognitivas, emocionales y comunicativas–,

una vez computadas como el valor de la mediana de las cinco situaciones problema analizadas, revela que, en promedio, los niños en su fase inicial presentaban un nivel de competencia emocional cercano al estándar ciudadano (valor promedio 4.1) y unos niveles de competencias cognitiva y comunicativa por debajo del estándar ciudadano (valor promedio 3.67 y 3.68, respectivamente). En la fase post presentaron un nivel de competencia emocional cercano al estándar ciudadano (valor promedio 4.27) y unos niveles de competencias cognitiva y comunicativa por debajo de estándar ciudadano (valor promedio 3.78 y 3.74, respectivamente). Al comparar los resultados, se encuentra que el comportamiento es similar en cuanto a tipo de competencia más desarrollada y, además, se registra un incremento general en todas las evaluaciones promedio de competencias.

El análisis estadístico de la relación entre los factores exógenos y endógenos al aula de clase, respecto de los resultados observados (Ver anexos tabla 1) revela:

- El perfil institucional hace diferencia en el grado de desarrollo de competencias ciudadanas que se logra inculcar en los estudiantes a través del PPC. En particular, parece contribuir que la institución sea de naturaleza jurídica privada, que atienda una población de estrato medio-alto y que cuente con menos de 400 estudiantes de primaria.

- Los componentes institucionales en su mayoría hacen diferencia en el grado de desarrollo de competencias ciudadanas que se logra inculcar en los estudiantes a través del PPC. En particular, se encuentra favorable que haya seguimiento a la implementación del PPC en el ámbito de estudiantes y docentes y que se cuente con recursos económicos para cubrir las inversiones en material que demanda la ejecución del programa y con un apoyo decidido al Programa por parte de la comunidad educativa.
- Las características del curso, en lo relativo al desarrollo del Programa en la jornada de la mañana, como en la vinculación de estudiantes con grados superiores, se relacionan con un mayor grado de desarrollo de competencias ciudadanas que se logra inculcar en los estudiantes mediante el PPC.
- En cuanto al perfil docente y perfil del estudiante, los análisis muestran que los estudiantes cuyos cursos son orientados por un docente de género masculino y con experiencia en PPC, así como los estudiantes con experiencia y continuidad en el PPC, presentan un mayor grado de desarrollo de competencias ciudadanas que se logra inculcar a través del PPC.

## **Análisis del desarrollo del Ambiente de aprendizaje**

Elementos del ambiente de aprendizaje medidos en el salón de clase: respeto por la palabra; opinión y participación; y trabajo colaborativo. La medida de estas variables, en su fase inicial, correspondió a la suma ponderada producto del análisis factorial por componentes principales. Los resultados del análisis descriptivo de estas tres nuevas variables revelan que, en promedio, los niños en su fase inicial muestran que en sus clases hay un buen desarrollo de los elementos más significativos del trabajo cooperativo (valor promedio 4.52); los otros elementos, como la opinión y participación y el respeto por la palabra, no muestran un alto desarrollo, dado que sólo se presentan algunas veces en sus clases de ciencias (valor promedio 3.63 y 3.64 respectivamente). En la fase post, los resultados muestran que en sus clases se mantiene un buen desarrollo de los elementos más significativos del trabajo cooperativo (valor promedio 4.46) y los otros elementos, como la opinión y participación y el respeto por la palabra, no muestran una mejora respecto de la fase inicial, sólo se presentan algunas veces en sus clases de ciencias (valor promedio 3.54 y 3.65, respectivamente).

El análisis estadístico de la relación entre los factores exógenos y endógenos al aula de clase, en relación con los resultados observados (Ver anexos tabla 2), revela:

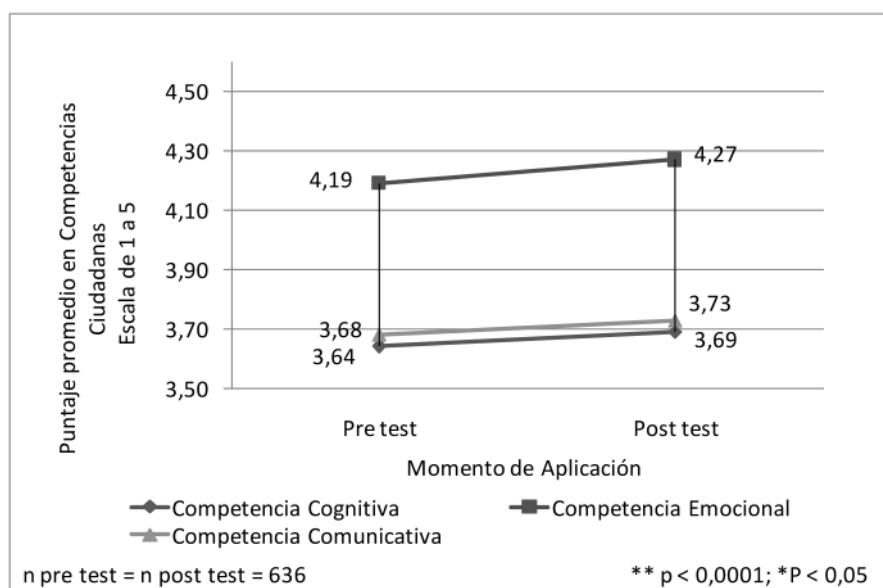
- El perfil institucional se constituye en un factor que hace diferencia en el grado de desarrollo de un ambiente de aprendizaje propicio para la implementación del PCC.
- Los componentes institucionales, en particular aquel relacionado con la presencia de actividades de seguimiento y evaluación a la labor docente en el PPC, resulta favorable para lograr en los estudiantes un mayor respeto por la palabra. Lo anterior revela, de nuevo, que un constante seguimiento a la labor docente es un factor positivamente relacionado con el logro de un favorable ambiente de aprendizaje para el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas en el marco del PPC.
- El entorno de aprendizaje del curso se relaciona con el grado de opinión y participación que los estudiantes presentaron en el aula de clase, al inicio del PCC. En este aspecto se ha de resaltar que los cursos planeados, de conformidad con los lineamientos previstos por el PPC, se relacionan positivamente con la presencia de un mejor ambiente de aprendizaje.

## **Análisis del cambio (Fase A: Fase B) producto de la intervención del PPC**

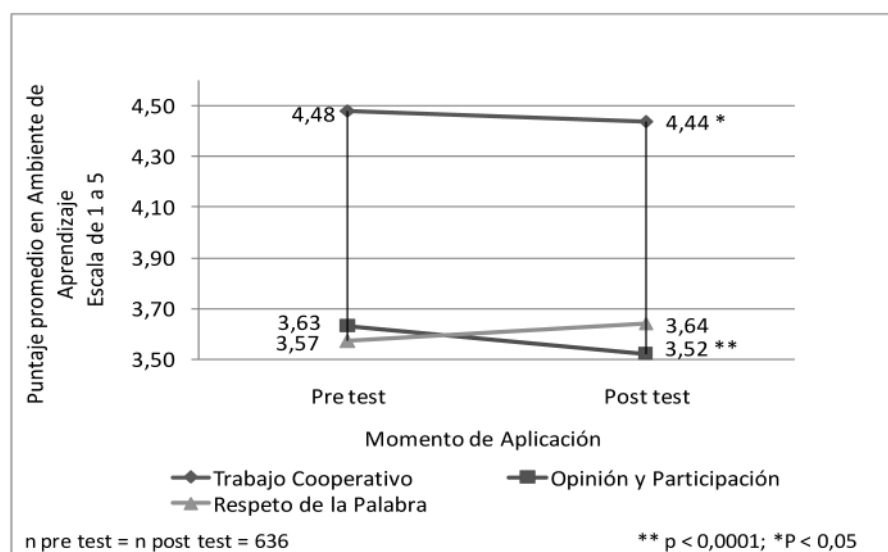
El análisis del cambio generado por la intervención del PCC –Fase A: inicio y Fase B: final– se realiza en el ámbito de individuos, al considerar los valores promedio de las puntuaciones obtenidas en las variables de análisis. De esta forma, en el ámbito de estudiantes (n=636) se encuentra evidencia de cambios positivos en la puntuación del desarrollo de competencias ciudadanas producto de la asistencia al PPC; sin embargo, tales cambios no son estadísticamente significativos [ $p$ -valor ( $t$ -test $_{\alpha=0.05}$ )>0.05] (Ver figura 4).

Asimismo, los resultados revelan la existencia de un cambio positivo, pero no estadísticamente significativo en el desarrollo de un ambiente que propicia en los niños el respeto por la palabra [ $p$ -valor ( $t$ -test $_{\alpha=0.05}$ )<0.05]; en cambio, se identifican cambios adversos en el logro de ambientes que propicien el trabajo cooperativo [ $p$ -valor ( $t$ -test $_{\alpha=0.05}$ )>0.05] y en la opinión y participación de los estudiantes [ $p$ -valor ( $t$ -test $_{\alpha=0.05}$ )<0.05] (Ver figura 5).

**Figura 4.** Comparación de medias entre las Fase A y B, en el Desarrollo de Competencias Ciudadanas a nivel del total de estudiantes (n=636)



**Figura 5.** Comparación de medias entre las Fase A y B, en la Generación de Ambientes de Aprendizaje a nivel del total de estudiantes (n=636)



En relación con los grupos, al considerar el valor promedio de las puntuaciones obtenidas de todos los niños vinculados a un determinado grupo, el test de comparación de medias de los 24 grupos presentes en el PPC, en la Fase A y B, revela la presencia de cambios positivos en la puntuación del desarrollo de competencias ciudadanas producto de la asistencia al PPC (medias de las diferencias <0), aun cuando no sean estadísticamente significativos al 5% de significancia [p-valor (t-test)<0.05].

De otro modo, en términos de generación de ambientes de aprendizaje, el uso del análisis de comparación de medias revela un cambio positivo en el desarrollo del respeto por la palabra pero no es estadísticamente significativo (media de las diferencias <0); de manera general, un cambio negativo en la puntuación del trabajo cooperativo y opinión y participación; y, en especial, un cambio estadísticamente significativo en la generación de la opinión y participación [p-valor (t-test)<0.05].



Una vez computados los cambios en las variables respuesta, se consideró de interés establecer la correlación que presentan entre sí y con las variables definidas en el modelo de investigación. De esta forma:

- La presencia de una mayor actitud al trabajo colaborativo se relaciona con la presencia de un entorno más favorable para que se logre en los niños, un mayor respeto por la palabra ( $r=0.490^*$ ).
- Se da una estrecha relación entre el logro de competencias cognitivas y comunicativas ( $r=0.514^*$ ), esto es, entre la capacidad del niño para desarrollar procesos mentales y de pensamiento crítico y su capacidad para establecer, a partir de ello, diálogos constructivos con sus pares de curso.
- El entorno de aprendizaje que tiene lugar en el salón de clase se relaciona, de manera estrecha, con el desarrollo de la competencia emocional en los niños ( $r=0.496^*$ ), en otras palabras, con el desarrollo de habilidades para la identificación y la respuesta constructiva ante las emociones propias y las de los demás que surgen dentro del proceso de formación en el PPC.

## **Análisis del cambio en las variables de entorno de aprendizaje**

En cuanto al entorno de aprendizaje del curso, a partir de la opinión de observadores externos, los resultados de la comparación de la media de los promedios de las seis dimensiones evaluadas y agregados a nivel de grupos (V1, V2) revelan un cambio positivo entre la visita inicial en el semestre A y la visita en el semestre B cercano a la finalización del PPC (diferencia  $<0$ ) y, además, significativo a un 5% de significancia.

Un análisis detallado de los factores de observación del entorno de aprendizaje de los niños en el marco del PPC revela la existencia de un generalizado cambio favorable entre la condición inicial y final presente en los cursos (media  $<0$ ) que favorece el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y ciudadanas en los niños (Tabla 3). De manera específica, los datos confirman que se logra un cambio positivo y significativo en generar, en el salón de clase, un entorno que favorece el desarrollo en los niños de habilidades para la explicación y la

argumentación de sus ideas, opiniones y predicciones [p-valor t-test ( $D_{\text{ENTCURT\_OPR}}$ ) $<0.05$ ].

## **Conclusiones**

La evaluación del PPC en Ibagué revela la importancia que han tenido ciertos factores exógenos y endógenos al aula de clase, para el alcance de buenos resultados del Programa en esta ciudad. En particular, se resalta la conveniencia de su implementación en instituciones en las cuales el proceso se encuentre consolidado, porque allí se realizan actividades de seguimiento y evaluación interna del proceso, así como la disponibilidad de recursos para apalancar los materiales requeridos en el normal funcionamiento del Programa. En este mismo sentido, los análisis sugieren que el Programa logra mejores resultados si las instituciones, además, son de naturaleza privada.

Se ha de notar, en este estudio, la contribución que a los logros del PPC hacen aspectos vinculados al perfil tanto del maestro como del estudiante. Los resultados evidencian un mejor logro del Programa en aquellos grupos liderados por profesores con experiencia en el marco de PPC y en aquellos estudiantes que llevaban más tiempo aprendiendo ciencias a través de la indagación.

Finalmente, resulta de especial interés la interdependencia que tiene lugar en los resultados alcanzados en el marco del Programa. Los análisis revelan que el desarrollo de una determinada competencia en los niños no es una cuestión ajena al logro, o no mejora, de las otras competencias evaluadas; así como la contribución que a ello tienen las condiciones favorables del entorno de aprendizaje. De la misma forma, el logro de un determinado factor de ambiente de aprendizaje se torna dependiente del nivel de logro alcanzado en los otros factores considerados en el aula de clase.

La experiencia de la evaluación del PCC en Ibagué deja algunas lecciones desde el punto de vista metodológico que los autores recomiendan tener en cuenta para futuros estudios en el tema, de forma que no se constituyan por sí mismas en una limitación técnica. Por ejemplo, se hace necesario reformular el instrumento para la evaluación de ambiente de aprendizaje, incluir grupos de control para establecer con mayor claridad los logros del Programa y ampliar el seguimiento de la metodología en el aula de clase.

## Anexos

**Tabla 1.** Resultados del análisis MANOVA para las variables relativas al Desarrollo de Competencias Ciudadanas. Fases PrePPC y PostPPC.

Nivel	Factores fijos (dirección del cambio)	Fase Pre PPC				Fase Post PPC			
		P-valor (F) (Todas)	P-valor (F) (COMP_COG)	P-valor (F) (COMP_EMO)	P-valor (F) (COMP_COM)	P-valor (F) (Todas)	P-valor (F) (COMP_COG)	P-valor (F) (COMP_EMO)	P-valor (F) (COMP_COM)
Características institucionales (CARINT_)	Naturaleza jurídica (+)	0.010**	0.011*	0.395	0.010**	0.000**	0.001**	0.010**	0.000**
	Tamaño institucional	0.087	0.011*	0.420	0.215	0.000**	0.019*	0.005**	0.000**
	Población que atiende (+)	0.043*	0.021*	0.674	0.032*	0.001**	0.004**	0.035*	0.000**
Componentes institucionales (COMINT_)	Formación de personal	0.127	0.148	0.678	0.025* (+)	0.008**	0.531	0.000** (+)	0.094
	Materiales disponibilidad	0.158	0.976	0.426	0.025*(+)	0.001**	0.399	0.000** (+)	0.179
	Materiales inversiones (+)	0.008**	0.029*	0.081	0.018*	0.000**	0.006**	0.001**	0.000**
	Vinculación al currículo	0.111	0.236	0.774	0.013*(+)	0.026*	0.380	0.003** (+)	0.210
	Evaluación estudiantes	0.065	0.094	0.568	0.019* (+)	0.090	0.097	0.029*(+)	0.250
	Evaluación docentes (+)	0.000**	0.001**	0.022*	0.001**	0.000**	0.001**	0.036*	0.001**
	Evaluación institucional (+)	0.001**	0.005**	0.031*	0.003**	0.001**	0.002**	0.069	0.002**
	Actitud de la comunidad (+)	0.003**	0.005**	0.658	0.003**	0.042*	0.082	0.056	0.071
Nivel de conocimiento (+)	0.000**	0.002**	0.039*	0.000**	0.000**	0.000**	0.004**	0.000**	
Características del curso (CARCUR_)	Jornada de trabajo (M)	0.045*	0.017*	0.070	0.811	0.000**	0.006**	0.000**	0.000**
	Grado del curso (+)	0.000**	0.000**	0.001**	0.617	0.000**	0.000**	0.112	0.000**
Perfil del docente (PERDOC_)	Antigüedad en PPC	0.218	0.004**	0.002**	0.001**	0.000** (+)	0.028*	0.000**	0.049*
	Género (H)	0.000**				0.000**	0.000**	0.02*	0.000**
Perfil del estudiante (PEREST_)	Antigüedad en PPC	0.504	0.034*	0.785	0.790	0.006** (+)	0.439	0.000**	0.227
	Edad (+)	0.282*				0.071	0.250	0.127	0.023* (+)
	Género	0.242				0.451			
Entorno de aprendizaje del curso	Objetivos, planeación e infraestructura	0.764				0.01**	0.021*	0.043*	0.104
	Momentos generales	0.049*	0.157	0.121	0.035*	0.000**	0.000**	0.000**	0.001**
	Observación y predicciones de los niños	0.231				0.005**	0.491	0.000**	0.078
	Comunicación y registro escrito de los niños	0.137	0.914	0.040*	0.292	0.006**	0.004**	0.334	0.277
	Trabajo cooperativo								
Comunicación y registro escrito del docente	0.626				0.059	0.187	0.037* (+)	0.541	
	0.200				0.003**	0.272	0.000**	0.087	

(\*) (\*\*) Prueba  $F$  significativa al 0.05 y 0.01, respectivamente

**Tabla 2. Resultados del análisis MANOVA para las variables relativas al Desarrollo del Ambiente de Aprendizaje. Fases PrePPC y PostPPC.**

Nivel	Factores fijos (dirección del cambio)	Fase Pre PCC						Fase Post PPC					
		P-valor (F) (Todas)	P-valor (F) (AMB_TCO)	P-valor (F) (AMB_OYP)	P-valor (F) (AMB_RPL)	P-valor (F) (Todas)	P-valor (F) (AMB_TCO)	P-valor (F) (AMB_OYP)	P-valor (F) (AMB_RPL)	P-valor (F) (AMB_TCO)	P-valor (F) (AMB_OYP)	P-valor (F) (AMB_RPL)	
Características institucionales (PERINT_)	Naturaleza jurídica (+)	0.012*	0.947	0.255	0.02*	0.04*	0.770	0.03*	0.156	0.03*	0.156		
	Tamaño institucional	0.000**	0.000**	0.000**	0.000** (p)	0.001**	0.057	0.001**	0.008**	0.001**	0.008**		
	Población que atiende	0.000**	0.008**	0.028*	0.000**	0.058	0.213	0.064	0.138	0.064	0.138		
Componentes institucionales (COMINT_)	Formación de personal(-)	0.000**	0.000**	0.000**	0.067	0.075	0.020*	0.025*	0.321	0.025*	0.321		
	Materiales disponibilidad	0.000**	0.026*	0.000** (-)	0.885	0.015*	0.121	0.002** (-)	0.063	0.002** (-)	0.063		
	Materiales inversiones	0.001**	0.001**	0.000**	0.108	0.006**	0.001**	0.022*	0.166	0.022*	0.166		
	Vinculación al currículo (-)	0.000**	0.000**	0.000**	0.082	0.108	0.040* (-)	0.064	0.350	0.064	0.350		
	Evaluación estudiantes (+)	0.000**	0.634	0.119	0.000**	0.303	0.267	0.016*	0.01*	0.016*	0.01*		
	Evaluación docentes (+)	0.001**	0.643	0.343	0.000** (+)	0.015*	0.024*	0.054	0.000** (+)	0.054	0.000** (+)		
	Evaluación institucional.	0.237	0.039 (-)	0.717	0.325	0.003**	0.024*	0.278	0.192	0.278	0.192		
	Actitud de la comunidad (-)	0.000**	0.001**	0.000**	0.079	0.134	0.037*	0.198	0.042* (+)	0.037*	0.198		
Nivel de conocimiento	0.355				0.231	0.492							
Características del curso (CARCUR_)	Jornada de trabajo	0.301				0.031* (M)					0.161		
	Grado del curso	0.091	0.374	0.019* (+)	0.145	0.793	0.038*	0.591					
Perfil del docente (PERDOC_)	Antigüedad en PPC (-)	0.000**	0.008**	0.000**	0.350	0.039	0.066	0.021*	0.038*	0.021*	0.038*		
	Género (H)	0.000**	0.097	0.177	0.000**	0.000**	0.001**	0.006**	0.000**	0.006**	0.000**		
Perfil del estudiante (PEREST_)	Antigüedad en PPC	0.07	0.110	0.03* (-)	0.506	0.192	0.270	0.291	0.039* (-)	0.291	0.039* (-)		
	Edad	0.284				0.256	0.423	0.044* (+)	0.493	0.044* (+)	0.493		
	Género	0.475				0.055	0.007** (F)	0.387	0.185	0.387	0.185		
Entorno de aprendizaje del curso	Objetivos, planeación e infraestructura (+)	0.000**	0.000**	0.000**	0.119	0.000**	0.190	0.000** (-)	0.035*	0.000** (-)	0.035*		
	Momentos generales	0.000**	0.003**	0.000**	0.033*	0.002**	0.03*	0.01**	0.055	0.01**	0.055		
	Observación y predicciones de los niños	0.000**	0.057	0.000**	0.936	0.002**	0.009**	0.001**	0.033*	0.001**	0.033*		
	Comunicación y registro escrito de los niños	0.000**	0.104	0.000**	0.879	0.03*	0.027*	0.046*	0.243	0.046*	0.243		
	Trabajo cooperativo	0.001**	0.231	0.000**	0.067	0.164	0.007**	0.004**	0.003* (+)	0.004**	0.003* (+)		
	Comunicación y registro escrito del docente	0.000**	0.250	0.000**	0.143	0.000**	0.007**						

(\*) (\*\*) Prueba *f* significativa al 0.05 y 0.01, respectivamente

**Tabla 3.** Resultados estadísticos de la comparación de medias entre los dos momentos de visitas, en los criterios de evaluación del Entorno de Aprendizaje, a nivel grupos (n=19)

Diferencias pareadas en las variables de entorno del curso	Media	Desv. estandar	Media del Error Std.	95% IC de la diferencia		t	gl	Sig. (2 colas)
				Superior	Inferior			
Objetivos, planeación_e_Infraestructura	,08936	,37874	,08689	-,09318	,27191	1,028	18	,317
Momentos generales del salón de clase	-,02323	,41732	,09574	-,22438	,17791	-,243	18	,811
Observación y predicciones de los niños	-,18947	,32567	,07471	-,34644	-,03250	-2,536	18	,021
Comunicación y registro escrito en los niños	-,06854	,54478	,12498	-,33112	,19403	-,548	18	,590
Trabajo cooperativo consolidado	-,25000	,71200	,16334	-,59317	,09317	-1,531	18	,143
Comunicación y registro escrito del profesor	-,07775	,35283	,08094	-,24781	,09231	-,961	18	,350

**Tabla 4 (a).** Variables de análisis en el modelo (Factores Fijos)

Categoría	Variable	Definición
Características institucionales	PERINT_NJU	Naturaleza jurídica de la institución: pública o privada
	Tamaño Institucional (PERINT_TAM)	Corresponde al tamaño, en función del número de estudiantes de la institución educativa.
	Población que atiende (PERINT_POB)	Corresponde al estrato social de los estudiantes que reciben clases en la institución educativa.
Características del curso	Tamaño del grupo (CARCUR_TGR)	Corresponde al tamaño del curso, en función del número de estudiantes.
	Periodicidad de clases (CARCUR_PCL)	Periodicidad con que se realizan las clases de Pequeños Científicos que reciben los estudiantes vinculados al Programa.
	Jornada de Trabajo (CARCUR_JTR)	Corresponde a la jornada en que los estudiantes, asisten a la Institución educativa a sus respectivas clases.
Componentes institucionales	Formación de Docentes (COMINT_FOR)	Grado que mide la disponibilidad del recurso humano formado e implementando ECBI en sus aulas de clase y la capacidad de la institución educativa para mantener en el tiempo el personal capacitado e implementando el Proyecto.
	Disponibilidad de materiales (COMINT_MDI)	Grado en que la institución participante en el PPC dispone del material necesario para realizar adecuadamente las clases.
	Inversión en Materiales (COMINT_MIN)	Grado en el que la institución ha destinado o gestionado recursos que garanticen la adecuada implementación y la continuidad del PPC en la misma.
	Currículo (COMINT_CUR)	Grado en el que (ECBI) como estrategia de enseñanza ha influenciado el plan de estudios de la institución en ciencias.
	Evaluación de estudiantes (COMINT_EVE)	Grado de desarrollo y aplicación de alternativas de evaluación de estudiantes para medir los logros y resultados alcanzados por los mismos frente a la implementación del PPC.
	Evaluación de Docentes (COMINT_EVD)	Grado de desarrollo e implementación de alternativas de evaluación de docentes en relación a la implementación del PPC por parte de estos.
	Evaluación institucional (COMINT_EVI)	Grado de desarrollo e implementación de alternativas de evaluación institucional en relación a la implementación del PPC por parte de la institución.
	Actitud de la comunidad educativa (COMINT_ACT)	Actitud, frente a la implementación del PPC en la Institución, de cada uno de los miembros de la comunidad educativa, medida en términos de acciones realizadas, acciones previstas e intenciones de hacer algo.
	Nivel de conocimiento de la comunidad educativa (COMINT_NCO)	Grado de éxito de las estrategias de difusión y creación de relaciones con la comunidad educativa, en relación a la implementación del Proyecto PC, desarrolladas por la Institución.

Perfil del Docente	Antigüedad en el Proyecto (PERDOC_APC)	Es el tiempo que el docente lleva trabajando en ECBI desde que se vinculó al PPC.
	Formación en el PPC (PERDOC_FPC)	Es la clase de capacitación en la metodología de la indagación guiada que recibió el docente vinculado al proyecto.
	Genero (PERDOC_GEN)	Corresponde al género del docente que fue seleccionado en la muestra de evaluación.
Perfil del estudiante	Antigüedad en el Proyecto (PEREST_APC)	Es el tiempo que el estudiante lleva trabajando en ECBI (Enseñanza de las ciencias basada en Indagación) desde que se vinculó al proyecto Pequeños Científicos.
	Edad (PEREST_EDA)	Es la edad del estudiante en el momento de la aplicación de la prueba de lápiz y papel.
	Grado (PEREST_GCU)	Es el grado académico que se encuentra cursando el estudiante.
	Genero (PEREST_GEN)	Corresponde al género del estudiante que presentó la prueba de lápiz y papel.

**Tabla 4 (b). Variables de análisis en el modelo (Variables Respuesta)**

Categoría	Variable	Definición
Entorno de aprendizaje del curso	Objetivos, planeación e Infraestructura (ENTCUR_OPI)	Este factor se refiere a si la planeación contiene los objetivos de aprendizaje que espera que los estudiantes logren, si hay claridad y coherencia en la misma para entender el desarrollo de la clase y si el salón presenta las condiciones mínimas para realizar una sesión.
	Momentos Generales y materiales de trabajo (ENTCUR_MGR)	Este factor indica si el desarrollo de la clase da evidencia de los principales momentos que una sesión de PC debe contener. Además da evidencia de si los niños contaron con el material adecuado en tipo y cantidad.
	Observaciones y predicciones de los niños (ENTCUR_OPR)	Este factor se basa en la forma en cómo los niños realizan las observaciones y predicciones. Se espera que los estudiantes expliquen y argumenten sus ideas y opiniones, aislen variables y propongan categorías, y el uso de los términos científicos por parte de los mismos se haga según el contexto.
	Comunicación y registro escrito de los niños (ENTCUR_CRN)	Este factor indica si los niños respetan y valoran las intervenciones de los demás, si piden la palabra para hablar y si argumentan basado en los dicho por otro compañero. Además mide si los niños registran las observaciones de la clase.
	Trabajo Cooperativo (ENTCUR_TCO)	Los niños observados trabajan en grupos, siguen las instrucciones, utilizan adecuadamente los roles. Realmente se ve al profesor como un guía y no como un director.
	Comunicación y registro escrito del Docente (ENTCUR_CRD)	Este factor se refiere a las habilidades del lenguaje relacionadas con el profesor: Mide si éste confronta las opiniones, explicaciones, predicciones y conclusiones induciendo a que los niños generen argumentos frente a lo que afirman. Además indica si el profesor registró en el tablero y en carteleras lo necesario para realizar los resúmenes y cierres y para recapitular futuras sesiones.
Competencias ciudadanas <sup>1</sup>	Competencia Cognitiva (DCOMP_COG)	Hacen referencia a la capacidad para desarrollar “procesos mentales, fundamentales para el ejercicio ciudadano, en esta categoría se agrupan las habilidades de toma de perspectiva, generación de opciones, consideración de consecuencias y pensamiento crítico entre otras.
	Competencia emocional (DCOMP_EMO)	Habilidades necesarias para la identificación y respuesta constructiva ante las emociones propias y las de los demás, incluyendo las habilidades para identificar las propias emociones, manejar la rabia y responder empáticamente.
	Competencia comunicativa (DCOMP_COM)	Son las habilidades necesarias para establecer un diálogo constructivo con otras personas, entre las cuales se encuentran la escucha activa, el parafraseo y la asertividad.
Factores del Ambiente de aprendizaje	Trabajo Cooperativo (AMBAPR_TCO)	Preguntas que permitan identificar si en el salón de clases están presentes elementos como: diferentes roles de trabajo, interdependencia positiva de objetivos y de recursos, trabajo dentro de los grupos con un fin compartido, cooperación para el logro de tareas, y identidad compartida.
	Opinión y Participación (AMBAPR_OYP)	Preguntas que nos permitan identificar si el ambiente de clase promueve la generación de opciones y el desarrollo de opiniones entre los niños.
	Respeto a la Palabra (AMBAPR_RPA)	Preguntas que nos permitan ver cuál es el manejo que se le da a la participación de los estudiantes y al error dentro del aula de clases. Cómo es el comportamiento de mis compañeros cuando participo en clase, qué tanto escucho a mis compañeros.Cuál es la reacción de mis compañeros cuando yo me equivoco. Cómo afecta esa reacción mi participación en clase.

<sup>1</sup> Ministerio de Educación Nacional (2004) Estándares Básicos de Competencias Ciudadanas. Formar para la ciudadanía... ¡Si es posible! Lo que necesitamos saber y saber hacer. Bogotá, Revolución Educativa, Ministerio de Educación Nacional

## Bibliografía

- Acevedo, J. (2004), "Reflexiones sobre las finalidades de las enseñanzas de las ciencias", en *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, vol. 1, pp. 3-16.
- Barros, J. F. (2008), "Enseñanza de las ciencias desde una mirada de la didáctica de la escuela francesa", en *Revista EIA. Escuela de Ingeniería de Antioquia*, Medellín, vol. 10, pp. 55-71.
- Buch, N. J. y Wolff, T.F. (2000), "Classroom teaching through inquiry", en *Journal of professional issues in engineering education and practice*, pp. 105-109.
- Campanario, J. y Moya, A. (1999), "¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas", en *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), pp. 179-192.
- Deboer, G. E. (2006), "Historical perspectives on inquiry teaching schools", en Flick, L.B y Lederman, N.G (eds.) *Scientific inquiry and nature of Science*, Netherlands, Springer.
- Delors, J. (1996), *La educación encierra un tesoro. Informe a la Unesco de la comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI presidida por Delors*, Madrid, Santillana, Ediciones Unesco.
- Duque, M. (2008), *Programa Pequeños Científicos. Presentación y alternativas de vinculación. Estrategia para la formación en el espíritu científico, en ciencias y ciudadanía. Pequeños Científicos*, Bogotá, Editorial Universidad de los Andes.
- Furman, M. (2008), "Ciencias naturales en la escuela primaria: colocando las piedras fundamentales del pensamiento científico", en *IV Foro latinoamericano de Educación, Aprender y enseñar ciencias. Desafíos, estrategias y oportunidades*. Versión preliminar.
- González, A. (2009), *ABC en la Educación Científica. Manos en la masa*, Brasil, Academia de Ciencias Brasil, Instituto Oswaldo Cruz. FIOCRUZ, citada en *Taller latinoamericano Evaluar proyectos ECBI*, Bogotá, Editorial Universidad de los Andes.
- Grynszpan, D. (2009), *La Ciencia en tu Escuela*, Academia Mexicana de Ciencias, citada en *Taller latinoamericano Evaluar proyectos ECBI*, Bogotá, Editorial Universidad de los Andes.
- Harlen, W. y Allende, J. (2007), *Informe del Grupo de Trabajo sobre Colaboración Internacional en la Evaluación de "Educación en Ciencias Basada en la Indagación" (ECBI)*, Universidad de Chile.
- López, P. (2009), *Educación en Ciencias basada en Indagación (ECBI)*, Academia Chilena de Ciencias, citada en *Taller latinoamericano Evaluar proyectos ECBI*, Bogotá, Editorial Universidad de los Andes.
- Meisel, J. (2007), *Factores Críticos Institucionales que tienen relación con el Ambiente de Aprendizaje y las Competencias Ciudadanas de los estudiantes. Proyecto Pequeños Científicos* [Tesis de maestría], Bogotá, Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Industrial.
- NRC (2000), *Inquiry and the national science education standards. A guide for teaching and learning*, Washington, NAP.
- NSRC (1997), *Science for all children*, Washington, NAP.
- Prince, M. y Felder, R. (2006), "Inductive teaching and learning methods. Definitions, comparisons, and research bases", en *Journal Engineer Education*, 95 (2), pp. 123-138.
- Olier, C.; Duque, M. y Tiberio, J. (2007), "An Assessment Information System for a K-12 Hands-On Program: The Pequeños Científicos Case", en *International Conference on Engineering Education - ICEE 2007* - 371.
- UNESCO. (2001), *Science, technology and mathematics education for Human Development*, Goa, India, UNESCO.