

# Enseñanza-aprendizaje del concepto del color con alumnos de escuela primaria

## Learning and teaching color concept with primary school children

*Ríssia da Silva Zacarias*

*Maria Eduarda Ferreira*

*Florbela Lages Antunes Rodrigues*

Instituto Politécnico da Guarda - UDI – CIDEI

Portugal

*Gabriel Dias de Carvalho Júnio*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

Campus Ouro Branco, Brasil

**Recibido:** 30 dic 2019

**Revisado:** 24 feb 2020

**Publicado:** \_\_\_\_\_

**Aceptado:** 4 mar 2020

### **Cómo citar este artículo (estilo APA) / How to cite this article (APA style)**

Da Silva Zacarias, R., Ferreira, M. E., Rodrigues, F. L. A. & Diaz de Carvalho Júnio, G. (2020). Enseñanza-aprendizaje del concepto del color con alumnos de escuela primaria. *Revista de Educación de Puerto Rico*, 3(1), 1-22.

**Correspondencia:** Maria Eduarda Ferreira <[eroque@ipg.pt](mailto:eroque@ipg.pt)>

### **Resumen**

Esta investigación atiende los invariantes operatorios movilizados por los alumnos en el momento de formación de colores a través de un conjunto de actividades con la proyección de luces de colores en superficies blancas. Fue desarrollada con la participación de un grupo de niños portugueses del cuarto año de una escuela primaria pública. Las actividades se realizaron una vez por semana, durante tres semanas consecutivas, para buscar modelos explicativos construidos en acción por los alumnos. Utilizamos, como cuadro de referencia, la teoría de los métodos conceptuales para interpretar las producciones escritas y orales de los estudiantes en el momento de cada explicación observable sobre cada experiencia. Pretendemos que los resultados contribuyan para mejorar los conocimientos de las nociones más básicas de los alumnos respecto a los elementos del mundo físico y, así, indicar a los profesores formas diferentes de acción didáctica, a través de intervenciones experimentales.

**Palabras clave:** *campos conceptuales, invariantes operatorios, color, luz, escuela primaria*

## **Abstract**

This research addresses the operational invariables used by children when they are forming up colors throughout a set of activities with the projection of colored lights on white surfaces. The research was carried out with a group of fourth grade Portuguese children from a public school. The activities were carried out once a week, for three consecutive weeks, in order to find explanatory models built in action by the children. The research relies on the theory of conceptual methods as a frame of reference to interpret children's written and oral productions for all perceived explanation for each experience. The results are meant to contribute to improve the knowledge of children's basic notions about the elements of the physical world and, thus, point out to teachers different ways of didactic approaches through experimental interventions.

**Keywords:** *conceptual fields, operational invariables, color, light, primary school*

*Nota del editor: Se ha utilizado el género masculino con calidad de valor neutro en la redacción de este artículo.*

---

## **Introducción**

Este trabajo pretende describir y categorizar los invariantes operatorios (Vergnaud, 2009) utilizados por los sujetos en contextos que envuelven los conceptos de color y sombra en educación primaria. Esta investigación se basó en la teoría de los métodos conceptuales (Vergnaud, 1990). Para ello, los investigadores organizaron una secuencia de actividades prácticas demostrativas y evaluaron las soluciones que los alumnos presentaron para los problemas que surgían a lo largo de la interacción. Nuestro interés estaba centrado en interpretar la naturaleza de los enunciados orales, de los dibujos y de los textos escritos por los niños para solucionar las tareas. Por eso, centramos nuestra atención en estas reacciones para intentar deducir los invariantes operatorios (Vergnaud, 2009) que utilizaron los participantes en acción.

El estudio sobre las concepciones de los alumnos en relación con los colores y sombras debe incluirse en un conjunto más amplio de investigaciones sobre el conocimiento físico. En ese sentido, los estudios realizados en el Centro Internacional de Epistemología Genética en Ginebra (Piaget, 1927, 1967), son la primera referencia en diversas nociones sobre la construcción de lo real y de la causalidad física.

El objetivo general fue investigar los esquemas (Vergnaud, 2009) que utilizan los alumnos de la escuela primaria en situaciones que implican conocimiento sobre la formación de colores. La investigación fue realizada de forma lineal a través del desarrollo de una secuencia de actividades que permitieron analizar sus acciones, el

apunte y el registro hecho al final de cada experiencia, lo cual permitió verificar cómo se produce la evolución de los conocimientos en acción confrontados con situaciones experimentales relacionadas con la formación de colores y sombras. Buscamos clasificar las ideas construidas, como también el proceso del concepto de color.

En la enseñanza primaria portuguesa, el niño concreta las bases del conocimiento científico y tecnológico. Este ciclo se rige por un currículo formal propio, en particular en el área curricular de estudio del medio que integra la enseñanza experimental de las ciencias naturales (Ministério da Educação, 2004). Según Charpak (1997, p. 27), “*na idade da escolaridade primária, a criança é extraordinariamente receptiva às ciências da natureza: o seu ensino desenvolve a personalidade, a inteligência, o espírito crítico e a relação com o mundo*” (en la edad de educación primaria, el niño es extraordinariamente receptivo a las ciencias de la naturaleza: su enseñanza desarrolla la personalidad, la inteligencia, el espíritu crítico y la relación con el mundo). Las clases de ciencias de la naturaleza son importantes porque:

*Todas as crianças possuem um conjunto de experiências e saberes que foram acumulando ao longo da sua vida, no contacto com o meio que as rodeia. Cabe à escola valorizar, reforçar, ampliar e iniciar a sistematização dessas experiências e saberes, de modo a permitir, aos alunos, a realização de aprendizagens posteriores mais complexas.* (Todos los niños tienen un conjunto de experiencias y conocimientos que han acumulado a lo largo de sus vidas, en contacto con el entorno que les rodea. Corresponde a la escuela valorizar, reforzar, ampliar e iniciar la sistematización de estas experiencias y conocimientos, para que permita, a los alumnos, llevar a cabo aprendizajes más complejos). (Ministério da Educação, 2004, p. 101)

En la perspectiva de Abreu (1990), “*as crianças aprendem melhor as ciências quando podem fazer experiências que lhes permitam ver a “ciência em acção*” (los niños aprenden mejor las ciencias cuando pueden hacer experimentos que les permitan ver la ciencia en acción) (p. 129). Este diseño de aprendizaje implica delinear un plan de estudios como un programa a través del cual los conocimientos se construyen interconectados a la adquisición de capacidades (Ferreira, Porteiro & Pitarma, 2015). El profesor es el mediador de los aprendizajes; es el elemento del grupo que interpreta las observaciones de las acciones y manifestaciones de cada niño y del grupo.

En esta investigación, integramos la enseñanza experimental de ciencias en la enseñanza primaria. Se llevó a cabo en torno a la óptica —la formación de colores—, entendida la importancia de la actividad del conocimiento físico para el desarrollo de los niños (Kamii & Devries, 1991). Analizamos de qué manera los niños de cuarto grado de la escuela primaria (1º CEB en Portugal) interpretaron la observación de patrones de

colores y sombras. La razón principal para llevarla a cabo con participantes de esta edad es debido a que la enseñanza de las ciencias en los primeros años de escolaridad incluye contestar y alimentar la curiosidad para promover un sentimiento de admiración, entusiasmo e interés por la ciencia y por la actividad de los científicos (Cachapuz, Praia & Jorge, 2002; Martins, 2002; Pereira, 2002; Ferreira, Porteiro & Pitarma, 2015). Igualmente, pretender ser una trayectoria para la construcción de una imagen positiva reflejada sobre la ciencia (Martins, 2002), así como promover la construcción de un conocimiento científico útil y con significado social, que permita a los niños mejorar la calidad de la interacción con la realidad natural (Santos, 2001; Fumagalli, 1998). Este trabajo propone un análisis de los enunciados de los niños a partir de un enfoque psicológico y del uso de la teoría de los campos conceptuales; presenta una metodología de investigación que privilegia la participación del grupo de alumnos y de sus cambios verbales, en un ambiente en el que se proponen situaciones que ellos mismos deben resolver; y se reflexiona sobre la práctica docente realizada a lo largo de estas actividades.

## **Marco teórico**

### ***La teoría de los campos conceptuales***

El psicólogo francés Gérard Vergnaud propuso la teoría de los campos conceptuales (TCC) para explicar la complejidad del proceso de la conceptualización, y establecer la diferencia entre las formas predicativa y operatoria del conocimiento (Vergnaud, 1990). De inspiración piagetiana, esta dialoga con la psicología sociocultural, principalmente en lo que respecta a las concepciones del concepto como una herramienta cultural, siempre, en contexto. Para este investigador, no tiene sentido discutir y estudiar un concepto aislado y en muy poco tiempo. Al contrario, los conceptos están estrictamente relacionados entre redes —los campos conceptuales— y son dominados por los sujetos en grandes espacios de tiempo (Carvalho, 2013). Para trabajar con el proceso desarrollado en cada sujeto, Vergnaud sugiere el concepto de esquema, entendido como la organización invariante para una determinada categoría de situaciones. Los esquemas de cada sujeto evolucionan desde temprano en la infancia a partir de innumerables situaciones que enfrenta (Carvalho, Parrat-Dayán, 2015). Vergnaud reconoce cuatro dimensiones como componentes de un esquema: (1) las reglas de acción y control, que guían la recolección de datos y su procesamiento, e indican las necesidades de repetición de la acción; (2) las metas y submetas asociadas al reconocimiento de lo que debe ser obtenido como resultado de la acción; (3) las posibilidades de inferencia, que vuelven los esquemas diferentes de meros algoritmos; (4) los invariantes operatorios, la parte del esquema que está asociada a los conocimientos para percatarse de la acción (Vergnaud & Grossi, 2005). Por otro lado, el autor presenta una fórmula propia para los conceptos, relacionada con una dimensión cultural. En este sentido, indica tres

dimensiones indisociables para un concepto: (1) las situaciones, en las que queda el despliegue de los conceptos, entendido como tareas reconocidas por el sujeto como algo que tenga que enfrentar y resolver; (2) las representaciones, formas verbales, escritas, pictóricas, entre otras, de referirse a un concepto; y (3) los invariantes operatorios (Vergnaud, 2003).

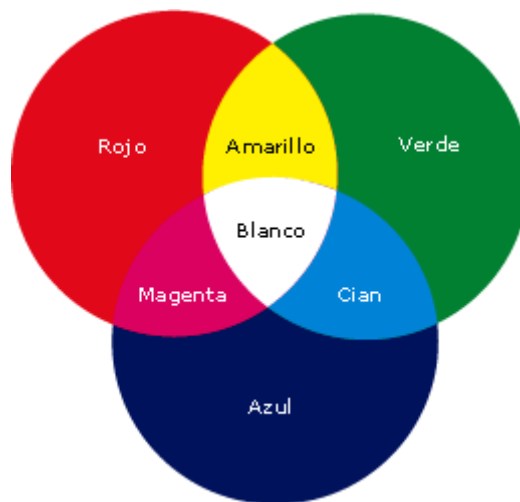
Los invariantes operatorios representan un papel importante en cada acción de los sujetos. Por medio de estos, la persona reconoce algunos conceptos como pertinentes para la construcción de una solución satisfactoria, los cuales la TCC identifica como conceptos en acción. En una situación dada, determinado sujeto formula proposiciones, mediante la construcción de relaciones entre los conceptos en acción. El sujeto las considera verdaderas y, de acuerdo con él, estas posibilitarán la resolución de la situación. A estos se les conoce como los teoremas en acción (Carvalho, 2013). Dichos invariantes operatorios permanecen implícitos durante la acción y evolucionan temporalmente en la medida en que determinado sujeto enfrenta situaciones de una misma clase cada vez más complejos. En sí mismos, no son conceptos y teoremas científicos, por no ser demostrables ni explicables. Todavía, pueden evolucionar a lo largo de un intervalo de tiempo para aproximarse a las formulaciones científicas. Por eso, defendemos la idea de que el proceso de conceptualización en ciencias es un sistema complejo que ocurre en el sentido de aumentar cuantitativa y cualitativamente los invariantes operatorios de los sujetos, teniendo como referencia conceptos y relaciones comprendidas por la ciencia. En ese sentido, los invariantes operatorios, por ser parte de los ámbitos (subjetivo y cultural), pueden entenderse como la unión entre ellos. Por esta razón defendemos que las investigaciones en conceptualización, dependiendo de la visión de la TCC, necesitan tener como vía de entrada la investigación de los invariantes operatorios que utilizan los sujetos durante la realización de tareas que los desafían.

### ***Composición de los colores***

La apropiación que hicimos en esta investigación sobre el complejo proceso de la formación de colores y su percepción fue relacionada con las síntesis aditiva y sustractiva (Parramon, 1993). Por lo tanto, es importante diferenciar los colores-luces y los colores-pigmentos.

Los colores-luces están relacionados a las ondas electromagnéticas de diversas frecuencias que pueden unirse unas a otras, creando diversas sensaciones visuales para los sujetos. El famoso experimento realizado por el físico inglés Isaac Newton con un prisma triangular, mediante el cual hizo que la luz del sol se dispersara en sus componentes, ejemplifica esos colores-luces. Por otro lado, el disco de Newton es una manera de hacer una mezcla de luces de diversos colores y, con eso, generar el blanco.

Un disco se divide en sectores (seis, siete o más); cada uno se pinta con un color diferente, de tal forma que todo el espectro está lleno de colores, del rojo al violeta. Cuando ese disco se pone en rotación rápida, nuestro ojo percibe, de cada punto, diversos colores según van emergiendo. Ese efecto es, entonces, de tipo aditivo, pues las luces se juntan (se suman). Newton mostró, en un famoso experimento realizado con un prisma triangular cruzado por la luz solar, que estaba formada por una mezcla de luces de todos los colores. La luz solar que pasa por el prisma se descompone y es proyectada en una tela, sobre la cual aparecen todos los colores que existen en el arcoíris. En ese sentido, los fenómenos de la dispersión en el prisma y de la composición en el disco de Newton son complementarios y pueden utilizarse para ilustrar el mismo concepto. En el caso de los colores-luz, tenemos tres fuentes llamadas de primarias: rojo, verde y azul. A partir de la síntesis de estas tres, es posible producir cualquier otro color. La figura siguiente muestra esa composición, indicando las síntesis aditivas dos a dos (rojo + verde = amarillo; rojo + azul = magenta; verde + azul = cian).



*Figura 1.* Síntesis aditiva. Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2019).

Cuando utilizamos colores pigmento, la situación se vuelve distinta, pues estos son capaces de absorber algunos colores y reflejar otros. Se consideran primarios el cian, el amarillo y el magenta. Su efecto es, en esta ocasión, supresión de colores (síntesis sustractiva). Cuando se mezclan distintos pigmentos, cada uno absorbe algunas luces a partir de la luz incidente original. El efecto de la mezcla de diversos pigmentos es entonces el negro.

## Metodología

### *Diseño y muestra*

Esta investigación, de carácter cualitativo y descriptivo, pretende mostrar una intervención didáctico-pedagógica. El análisis cualitativo contesta preguntas muy propias, que trabajan con significados, creencias y valores difíciles de cuantificar por la imposibilidad de reducirlos a variables objetivas (Fortin, 2006). Por su parte, la vertiente descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades ocurridas (Serrano, 2004). Más que recolectar datos, incide en la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables, lo que permite a los investigadores analizar minuciosamente los resultados, hacer generalizaciones significativas para intervenir, en este caso, en la práctica didáctico-pedagógica.

El método de recolección de los datos fue por observación directa. Consistió en observar el objeto de estudio dentro de una situación peculiar; también se basó en registros iconográficos, para analizar un conjunto de imágenes o dibujos hechos por los participantes.

En la investigación participaron 26 alumnos de cuarto grado, con edades entre 9 y 10 años. La escuela elegida pertenece a la red pública de una ciudad del interior de Portugal y posee un protocolo colaborativo con la institución de enseñanza superior de la misma ciudad, lo que facilitó su accesibilidad. Dicha escuela está localizada en el centro de la ciudad y tiene una estructura física muy buena, incluyendo recursos didácticos que estimulan el desarrollo cognitivo de los alumnos. La profesora responsable por la clase estimula el pensamiento crítico, relacionando el conocimiento sistematizado a las vivencias de los alumnos, a quienes respeta como individuos pertenecientes a la sociedad de forma completa. Esto facilitó nuestra relación y comunicación con la clase. Todos los alumnos participaban activamente en las actividades, exponiendo sus teorías, criticando las teorías de los compañeros de forma amigable y siguiendo los razonamientos que pensaban que eran oportunos.

Las actividades fueron planificadas en una secuencia de cuatro momentos. En este proceso participaron cuatro profesoras: dos investigadoras de la institución portuguesa donde se desarrolló la investigación, dos investigadores de la institución brasileña; también contaron con la profesora primaria titular de la clase (solo como observadora), la alumna practicante como actor directo en la investigación acción y el grupo de alumnos de la escuela primaria.

## **Método**

La investigación contempló tres etapas. La primera, denominada de *pre-acción*, se ocupó de la construcción de las herramientas que permitieron el registro de datos durante la observación. La segunda, designada de *acción*, fue la actuación en el aula. Por último, la tercera, nombrada de *post-acción*, consistió del análisis después de cada acción realizada.

### **Pre-acción**

En un primer momento, la investigadora fue a la escuela para proceder con una ambientación y reconocimiento del contexto, observar para conocer las necesidades de la investigación o ver si fuera fundamental algún tipo de adaptación. Después de esta aproximación e integración curricular de las actividades que se iban a desarrollar, se hizo el diseño de los instrumentos.

Los guiones que elaboraron los investigadores para obtener información por parte de los alumnos sobre cada acción contemplaban los siguientes ítems: 1) ¿Qué sucedió en la experiencia realizada? 2) ¿De dónde vienen los colores del arcoíris? 3) Utilizando el lápiz de color verde, rojo y azul, pinta mezclando los colores para obtener el color blanco. 4) ¿Conseguiste obtener el color blanco? 5) Si no conseguiste, ¿por qué piensas que mezclando los colores de la luz queda el blanco, y mezclando los mismos colores con el lápiz no fue posible llegar al color blanco?

Las tablas que prepararon los investigadores para obtener información sobre la actuación docente en cada acción contemplaban los siguientes ítems: 1) Capacidades evidenciadas con la actividad: observar, describir, interpretar, evaluar. 2) Actitudes observadas a lo largo de la actividad: interés, responsabilidad, conciencia, implicación, iniciativa, curiosidad. 3) Conocimientos: caracteriza, revela, reconoce. 4) Parámetros de evaluación: actividades lectivas, relación pedagógica, comunicación y clima en el aula, apreciación global.

### **Acción**

Después de un protocolo estipulado, se realizaron dos actividades en el contexto del aula. La primera clase estuvo constituida por dos actividades secuenciales: “Dialogar sobre colores” y “Disco de Newton”. En la primera clase, empezamos con un diálogo espontáneo sobre colores, con preguntas genéricas y situaciones cotidianas: ¿Qué color te gusta más? ¿De qué color es la fruta que más te gusta? ¿Ya han visto un arcoíris? ¿Por qué tiene tantos colores y cuál es el origen de esos colores? Escuchamos atentamente todas las hipótesis presentadas por los alumnos, sabiendo que cada uno, en esta etapa, no tiene compromiso con lo real, y que las hipótesis presentadas fueron a partir de sus conocimientos previos, su ciencia intuitiva. Seguimos con la presentación del disco de



Newton como contexto motivador para explorar las ideas presentadas sobre el origen de los colores. Después de la manipulación del disco, se presentó a la clase un segundo disco fijado en un ventilador, que fue girando para obtener el color blanco. Los alumnos formularon otras respuestas a la pregunta sobre el origen de los colores. Al final de la actividad, cada uno coloreó su propio disco y aportaron explicaciones a partir de las observaciones.

En la segunda clase —prisma/composición de los colores— y con la intención de generar algún conflicto cognitivo con la clase anterior, llevamos a los alumnos al recreo en tres grupos de seis y un grupo de siete. Les dimos un prisma y dejamos que fueran manipulado la manera en que les pareciera más conveniente para realizar la descomposición de la luz. Algunos se centraron directamente en el sol, aunque otros grupos discutían cuál sería la mejor forma de actuar. Observamos qué elementos fueron pertinentes en el proceso de construcción de los conceptos presentados por ellos. La actividad generó mucho entusiasmo, expectativas, descubrimientos y varios argumentos. Al final de la actividad con todos los grupos en el recreo, volvimos al aula donde ilustraron un arcoíris y dieron explicaciones sobre el origen de los colores.

En la tercera clase —proyección de luces y de sombras—, presentamos los materiales: tres linternas con papel celofán de colores verde, azul y rojo. Apagamos las luces, cerramos las ventanas con el objetivo de oscurecer el aula y tener una proyección con calidad. Antes de cualquier otro paso, se les preguntaba lo que pensaban que sucedería cuando la luz fuera proyectada en la pizarra blanca. Empezamos proyectando las linternas una a una, y colocando la mano en frente, surgía una sombra negra independientemente del color de la luz. Seguido, proyectamos las luces de dos en dos para obtener los colores: rojo y verde = amarillo; verde y azul = magenta; azul y verde = cian. Así, la sombra tenía el contorno de colores primarios utilizados y del tercer color que surgía. Finalizamos juntando los tres colores, para obtener el color blanco. Esto causó que al aparecer la sombra también aparecieran sombras con los colores amarillo, cian y magenta y una sombra negra. Esa actividad generó muchas especulaciones y movimientos en el aula. Todos los alumnos en grupos de cuatro venían adelante, sostenían las linternas y hacían las sombras por iniciativa propia. Al final de esa actividad, solicitamos que los alumnos cogiesen un lápiz de color correspondiente a los colores utilizados en la experiencia (verde, azul y amarillo) y con estos intentasen obtener el color blanco. Para terminar, escribieron el por qué no se conseguía el mismo resultado obtenido con las luces.

### **Post-acción**

Después de terminar las clases, se realizaron registros de todas las actividades en los guiones elaborados por los investigadores. Esas informaciones fueron recogidas para

posterior análisis. Los registros fueron a través de la observación, escritura y grabaciones de audio.

## Resultados y discusión

El sistema construido para la interpretación de los datos de la investigación empezó con la realización de reuniones del grupo de investigación, en las que cada uno pudo explicar sus impresiones sobre las actividades realizadas y destacar los puntos que juzgaron más relevantes en las producciones de los niños. Después, se hizo una primera interpretación de los datos, construyendo categorías de análisis, a partir del análisis de contenido (Bardin, 1977). Seguido con la organización de las primeras categorías, se procedió a la construcción de una tabla con las formas más frecuentes de interpretación del experimento propuesto: investigar los invariantes operatorios y organizarlos para explicar los modos de concebir de los niños. A partir de esta búsqueda, se seleccionaron turnos de habla, registros escritos y dibujos que pudieran ilustrar las interpretaciones efectuadas. Esa producción, juntamente con la totalidad de los datos recogidos, fue sometida a la evaluación del grupo de investigación, que pudo proponer explicaciones alternativas y presentar inconsistencias y fallas en el trabajo. El debate generado en ese momento y las interpretaciones colectivas obtenidas nos permitió consolidar el modelo propuesto en este artículo.

### ***Primera clase: Disco de Newton/composición de los colores***

Para una mejor comprensión, se presenta una transcripción de parte de las evidencias para cada actividad realizada.

#### **Situación uno: dialogar sobre colores**

**Investigadora:** ¿Cuál es el origen del arcoíris?

**Marcos:** Cuando llueve y hace sol, su luz se refleja en el agua, que tiene un tanto de cosa colorida, ahí se forma el arcoíris.

**Investigadora:** Entonces ¿los colores del arcoíris vienen del agua?

**Marcos:** ¿Puedo reformular mi respuesta? Cuando llueve, y después aparece el sol, los rayos ultravioletas iluminan el agua, formando el arcoíris, el color está en la luz de los rayos.

**Investigadora:** Si el color está en la luz del sol, ¿por qué cuando lo miramos lo vemos todo blanco?

**Marcos:** A causa de la luz no conseguimos ver los colores, igual que cuando la gente se queda mucho tiempo en la calle y entra en casa, se ve muy oscuro.

**Investigadora:** Entonces, si pudiéramos sacar la luz del sol, ¿de qué color sería?

**Marcos:** De los colores del arcoíris.

### Situación dos: después de presentar el disco de Newton

**Investigadora:** ¿Hay alguna forma de dejar ese disco blanco?

**Marcos:** Sí, si proyecta luz queda blanco igual que el sol.

**María:** Si moja un poco y después proyecta luz.

**Investigadora:** ¿Por qué mojar?

**María:** Ahí sucede lo mismo que el arcoíris, pero al revés.

**Valdo:** Es solo necesario girar a una velocidad superior a 90 km., igual que el sol; la luz queda blanca no por la luz, sino porque gira muy rápido, y no da tiempo para ver los colores.

Se destacaron dos categorías: concepto en acción —incluyendo las subcategorías velocidad, movimiento, ilusión de óptica, percepción visual— y teorema en acción.

Tabla 1

#### *Actividad del disco de Newton*

Concepto en acción	Nº	Teorema en acción
Velocidad	5	“...El disco tiene que girar a una velocidad superior a 90 km.”
Movimiento	6	“... Todos los colores del arcoíris juntos con el viento dan el color blanco.”
Ilusión de óptica	4	“... giramos el disco con mucha fuerza, los colores se vuelven blancos a causa de una ilusión óptica.”
Percepción visual: interpretación de colores/blanco	11	“...El color blanco es constituido por los otros colores del arcoíris.” “...Los colores del arcoíris son constituidos por el blanco.”

### **Segunda clase: Prisma/descomposición de colores**

#### **Situación uno**

**Investigador:** ¿Qué sucedió en la experiencia que hicimos?

**Carlos:** El prisma era todo de cristal. Dentro tenía un espejo que reflejaba la luz y aparecía el arcoíris.

**Carlos:** Concluí que cuando el sol se reflejaba en el prisma, el prisma reflejaba el arcoíris hacia la sombra.

Para comprobar el aprendizaje se pidió al alumno que hiciera un dibujo del arcoíris y describiera el origen de los colores.



Figura 2. Dibujo en respuesta a la primera situación, segunda clase: “El sol chocó en el prisma en dos de sus bases y reflejó el arcoíris en el suelo, de modo con sus colores”.

### Situación dos

Se destacaron dos categorías: concepto en acción —incluyendo las subcategorías luz, agua, óptica— y teorema en acción.

Tabla 2

#### Actividad del prisma

Concepto en acción	Nº	Teorema en acción
Luz	7	“Los colores del arcoíris provienen de la luz blanca del sol”
Agua	2	“Los colores del arcoíris provienen de la lluvia mezclada con la luz del sol”
Óptica	15	“Los colores del arcoíris provienen del sol que es reflejado por el agua y los colores son proyectados para el cielo, y con el prisma triangular es reflejado hacia el suelo.”

Para comprobar el aprendizaje, se observaron los que se aproximan a conceptos científicos.

### Tercera clase: proyección de luces coloridas y formación de sombras

**Investigador:** Si yo proyecto esa luz roja en la pizarra blanca...

**Marcos:** ¡Va a quedar rosa!

**Investigador:** ¿Por qué va a quedar rosa?

**Marcos:** ¡Porque rojo con blanco da rosa!

*Investigador proyecta la luz y pregunta: ¿Quedó rosa?*

**Todos:** No.

**Investigador:** ¿De qué color quedó?

**Todos:** Rojo.

**Investigador:** Si pongo mi mano aquí (en frente de la luz), ¿qué va a pasar?

**Marcos:** Queda roja.

**Investigador:** ¿Mi mano va a quedar roja?

**Marcos:** Sí.

**Investigador:** ¿Solo va a suceder eso?

**Marcos:** Sí.

*El investigador hace la experiencia.*

**Marcos:** ¡Ha hecho reflejo! (sombra)

*El investigador cambia la luz roja por la verde.*

**Investigador:** ¿Por qué la pizarra quedó verde?

**Marcos:** Porque la linterna es verde.

**Investigador:** Pero la pizarra es blanca.

**Marcos:** Y refleja todos los colores.

**Investigador:** ¿Y si fuera una pizarra negra?

*El investigador hace la experiencia con un objeto.*

**Investigador:** ¿En el negro apareció el verde?

**Marcos:** No, porque el negro absorbe los colores.

**Investigador:** Y ¿si coloco la mano aquí (en frente de la luz)?

**Marcos:** Sombra.

**Investigador:** Y ¿de qué color es la sombra?

**Marcos:** Negra.

**Investigador:** Pero la luz es verde y la pizarra es blanca.

**Bianca:** Porque si colocamos la luz encima de nuestro cuerpo aparece la sombra.

**Investigador:** Y ¿por qué aparece la sombra?

**Marcos:** Porque la luz no cruza la mano, la bloquea.

### **Situación uno**

Para comprobar el aprendizaje, se pidió que cada alumno, con una hoja blanca, se ayudara de sus lápices de colores correspondientes a los colores utilizados en la experiencia y con estos tratara de obtener el color blanco. Al final, escribieron por qué no pudieron obtener el mismo resultado alcanzado con las luces.

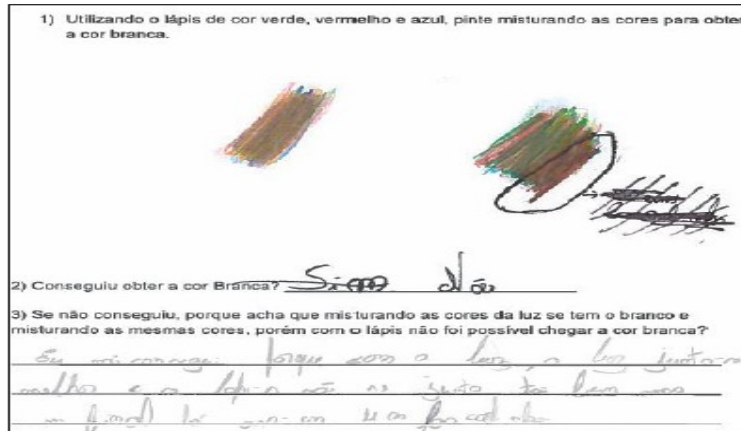


Figura 3. Dibujo en respuesta a la primera situación, tercera clase: “No. No lo he conseguido porque con la luz, la luz se junta mejor y los lápices no se unen tan bien, pero al final hay un poquito de color”.

Los alumnos pidieron repetir la experiencia con otros objetos y diversas superficies para intentar de explicar los resultados obtenidos en la pizarra. Entonces, utilizamos:

- Objetos de color negro. Creen que no se reflejaría el color de la luz en cuestión.
- Botella de plástico con agua. Lo justificaron con la explicación del arcoíris: cuando se les cuestionó por qué se refleja un solo color, dijeron que la luz tendría que ser blanca y la botella de cristal.
- Hoja blanca (la luz incidió y al mismo tiempo la bloqueó la hoja). Las justificaciones fueron muchísimas: la hoja estaba escrita, era muy flaca, la luz muy fuerte. Por fin, decidieron que, independientemente del color, si el objeto fuera opaco, la luz se bloquea, y si fuera translucido la luz cruza.

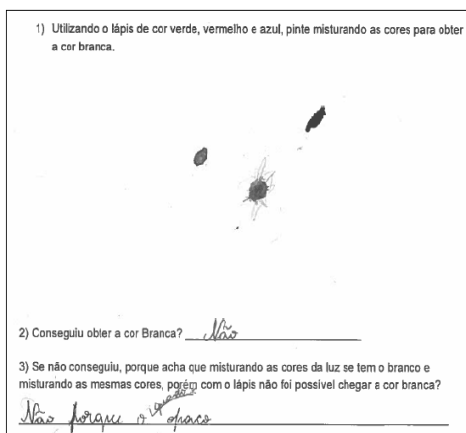


Figura 4. Dibujo en respuesta a la primera situación, tercera clase: “No. No, porque la pizarra es opaca”.

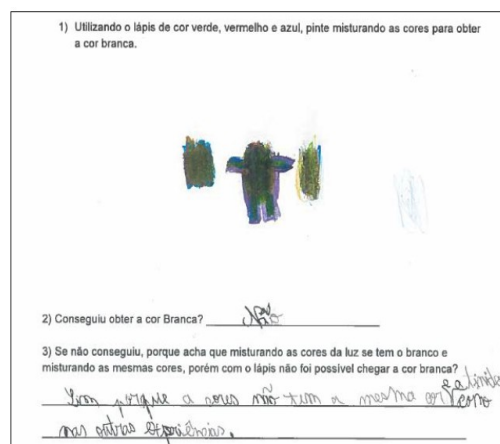


Figura 5. Dibujo en respuesta a la primera situación, tercera clase: “Sí, porque los colores no tienen el mismo color y nitidez como en las otras experiencias”.

### Situación dos: Fuente de luz azul + fuente de luz roja

**Investigador:** ¿De qué color va a quedar la sombra?

**Alumnos:** Negra.

**Investigador:** ¿Y su contorno?

*Algunos dijeron morado; otros, azul; otros, rojo, y otros, azul y rojo.*

**Investigador:** ¿Tiene cuántas sombras?

**Alumnos:** Tres.

**Investigador:** ¿Y por qué tres?

**Alumnos:** Y ¿por qué esta es esa? (mostrando cada sombra colorida de las fuentes de luz) es el color de las sombras.

**Investigador:** Entonces, ¿cualquier sombra es negra?

**Alumnos:** Sí.

### Situación tres: Fuente de la luz verde + fuente de la luz roja

**Alumnos:** Vamos a obtener azul, verde piscina.

*Hacemos la experiencia.*

**Alumnos:** ¡Amarrillo!

**Investigador:** Si yo coloco la mano, ¿cuáles sombras?

**Alumnos:** Verde, roja, amarilla y negra.

### Situación cuatro: Fuente de luz + verde y azul

**Investigador:** ¿Qué color va a quedar?

**Alumnos:** Azul claro, azul cian.

**Investigador:** ¿Y la sombra?

**Marcos:** Azul, azul, verde y negro.

**Marcos:** ¿Y si juntamos las tres?

### Situación cinco: Fuente de la luz verde + fuente de la luz roja + fuente de la luz azul

**Parte de la clase:** ¡Quedó un arcoíris!

**Otra parte:** ¡Quedó blanco!

**Investigador:** ¿Los tres colores dieron qué color?

**Alumnos:** Blanco

**Investigador:** ¿Y la sombra va a ser de qué color?

**Marcos:** Negra porque el contraste del blanco es negro.

**Alumnos:** Queda morado, azul claro y amarillo.

**Bianca:** Queda arcoíris.

Se destacaron dos categorías: concepto en acción —incluyendo las subcategorías color como propiedad de la pizarra, color como propiedad del lápiz, color como propiedad de la luz, no tiene todos los colores, ausencia de movimiento, ausencia de luz, llegaron a otros colores, no contestaron— y teorema en acción.

Tabla 3

*Proyección de luces coloridas*

Concepto en acción	Nº	Teorema en acción
Color como propiedad de la pizarra	2	“No, porque la pizarra es opaca.”
Color como propiedad del lápiz	4	“No conseguimos con los colores del lápiz porque los colores del lápiz no son tan fuertes como los colores de la luz.”
Color como propiedad de la luz	2	“Porque dentro de la luz era blanca.”
No tiene todos los colores	5	“...No resulta porque no tiene todos los colores del arcoíris”
Ausencia de movimiento	1	“Necesita girarse”
Ausencia de luz	5	“No conseguimos porque tengo que tener luz”
Llegaron a otros colores	2	“...Llegué al color marrón, verde, negro, morado y rosa”
No contestaron	4	

Durante el registro, el investigador preguntaba por qué no consiguieron el blanco. Algunos contestaron:

- Necesitaba de todos los colores,
- Era necesario una fuente de luz sobre el dibujo,
- Era necesario girar,
- Juntar los papeles celofanes.

***Actuación del profesor***

La docente que puso en práctica las acciones en las clases también fue observada, y su actitud fue evaluada a diversos niveles. La Tabla 4 recapitula los resultados alcanzados.



Tabla 4

*Evaluación de actuación docente*

<b>Parámetros de evaluación</b>	<b>1ra. obs.</b>	<b>2da. obs.</b>	<b>3ra. obs.</b>
<b>Actividades lectivas</b>			
Demuestra la capacidad de planificación con rigor pedagógico y didáctico	S*	S	S
Clarifica, al inicio de la clase, el contenido que abordará	S	S	S
Suscita una motivación inicial y continuada	S	S	S
Explora/utiliza el material didáctico seleccionado de forma apropiada y eficaz (exploración/recursos), aplicando y alterando conscientemente estrategias (metacognición)	S	S	S
Articula las diferentes áreas curriculares (interdisciplinaridad)/establece secuencia(s) de aprendizaje(s) coherente(s)	S	S	S
Utiliza estrategias movilizadoras a la consecución de los objetivos	S	S	S
Domina los contenidos científicos y los presenta con lenguaje adecuado	S	S	S
Revela espíritu crítico de iniciativa y creatividad	S	S	S
Promueve la autonomía del alumno	S	S	S
Hace una gestión adecuada del tiempo	S	S	S
Organiza el espacio de acuerdo con las actividades que va a desarrollar	S	S	S
<b>Relación pedagógica</b>			
Demuestra empeño y responsabilidad	S	S	S
Revela receptividad	S	S	S
Estimula la cooperación y la apertura	S	S	S
Integra el medio y los diseños escolares	S	S	S
Presenta capacidad de iniciativa y creatividad	S	S	S
Potencia las relaciones interpersonales	S	S	S

Fomenta relaciones e interacciones en el grupo	S	S	S
Promueve la disciplina en el aula	S	S	S
Desarrolla diversas cualidades personales (presencia, postura, ritmo, expresividad y entusiasmo)	S	S	S
Posee equilibrio emocional	S	S	S
<b>Comunicación y clima en el aula</b>			
Posee dinamismo verbal y gestual	S	S	S
Comunica con corrección y lenguaje adecuado	S	S	S
Se expresa correctamente y es audible	S	S	S
Reformula el lenguaje en función del <i>feedback</i>	S	S	S
Aclara correctamente las actividades que se realizarán	S	S	S
Gestiona de forma segura las situaciones problemáticas o de conflicto	S	S	S
Facilita la comunicación profesor/alumno e inter-alumnos	S	S	S
Despierta el interés de los alumnos por el aprendizaje	S	S	S
<b>Apreciación global:</b> *Sobresaliente. La docente consiguió siempre motivar la participación sin miedo de cometer errores.			

La actuación de la docente fue siempre sobresaliente porque tuvo una actuación notable para motivar a los alumnos a participar, actuar, hablar sin miedo, pero sin influir sobre el sujeto de ninguna manera. El entusiasmo en la participación, por parte de los alumnos, fue de tal manera que la comprensión de lo que estaba pasando mejoró a medida que se progresaba en las experiencias, como se puede ver en la Tabla 5.

Los alumnos querían participar de modo activo y sin cometer errores, todavía en la primera actividad, porque tal vez no estaban muy seguros y acostumbrados. Se notó una pequeña vacilación en tener conciencia total de lo ocurrido, tomar iniciativa, mantenerse constantes en la consecución de la actividad. Por eso, dos alumnos sintieron una ligera dificultad en caracterizar y revelar lo que se pretendía. No obstante, a partir de la segunda actividad, y porque la actuación docente fue siempre perfecta, los alumnos consiguieron, al 100%, todo lo pretendido. La aplicación de la teoría de los campos conceptuales en las actividades permitió el desarrollo cognitivo y un aprendizaje a partir de los contenidos del conocimiento y el análisis conceptual de su

dominio, pues el modo de enseñanza influye directamente en la forma en como el alumno construye su conocimiento y actúa en el aula (Moreira, 2002).

Tabla 5

*Capacidades, actitudes y conocimientos evidenciados con la actividad*

Los alumnos consiguieron tener:	Nº de alumnos		
	1ra. Obs.	2da. Obs.	3ra. Obs.
<b>Capacidades</b>			
Observar	26	26	26
Describir	26	26	26
Interpretar	26	26	26
Evaluar	26	26	26
<b>Actitudes</b>			
Interés	26	26	26
Responsabilidad	26	26	26
Conciencia	22	26	26
Involucrado	26	26	26
Iniciativa	22	26	26
Curiosidad	26	26	26
Perseverancia	22	26	26
<b>Conocimientos</b>			
Caracteriza	24	26	26
Revela	24	26	26
Reconoce	26	26	26

## Conclusión

Las clases y las actividades propuestas se han elaborado para que las situaciones permitieran el análisis del sujeto en acción, a través de preguntas que desafiaron a los alumnos a expresar sus teorías e hipótesis de modo espontáneo. Como en la teoría de los campos conceptuales no se trata de una teoría de enseñanza, las respuestas presentadas

no fueron evaluadas como si fueran correctas o incorrectas, sino como pertinentes. La construcción de los conceptos presentados no está relacionada directamente con conceptos científicos, sino con un conjunto de invariantes operatorios que llevan a su conceptualización. Las situaciones que orientan la investigación fueron organizadas en una tabla que permitió a los alumnos hacer conexiones entre diferentes conceptos, esquemas y situaciones. Esto esclareció una de las afirmaciones de Vergnaud (2009), cuando dice que un concepto no se forma a partir de un solo tipo de situación, y una situación no se analiza con un solo concepto. A pesar de no poseer las competencias necesarias para resolver preguntas complejas que pueden derivar de los contenidos, en general, los participantes se mostraron capaces de accionar esquemas y organizar los teoremas en acción y conceptos en acciones pertinentes a la resolución de las preguntas, postulando explicaciones causales sin conocimiento de las definiciones científicas. Aun así, optamos por hacer uso de todos los datos registrados, pues superaron las expectativas deseadas. Esperamos trabajar futuramente con algunos datos de forma más profunda.

Los registros de audio, escritura e ilustraciones fueron importantes para percibir los invariantes operatorios, pues en estas edades no se consigue siempre expresar en la escritura lo que se piensa y verbaliza. A pesar de que la TCC no es una metodología de enseñanza, podemos concluir que su uso en el aula es positivo, pues el profesor deja de estar en el centro y coloca al alumno en posición de participante activo de su propio aprendizaje, permitiendo que contribuya con sus conocimientos previos y su ciencia intuitiva. El profesor es un mediador de enseñanza, que pone a disposición del alumno las herramientas necesarias para llevar al raciocinio, contribuyendo efectivamente hacia su autonomía.

## Referencias

- Abreu, C.** (1990). *O professor do ensino básico em aula*. MG Editores Associados.
- Bardin, L.** (1977). *L'analyse de contenu*. PUF.
- Cachapuz, A. F., Praia, J. & Jorge, M.** (2002). *Ciência e ensino das Ciências*. Ministério da Educação.
- Carvalho Jr., G. D.** (2013). *Invariantes Operatórios na transição entre dois campos conceituais: o caso do tempo relativo*. (Disertación doctoral inédita). Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

- Carvalho Jr., G. D. & Parrat-Dayán, S.** (2015). Recortes históricos sobre a noção de schème em Piaget: o processo de desenvolvimento de um conceito. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 96(244), 522-540. <https://doi.org/10.1590/S2176-6681/361213543>
- Charpak, G.** (1997). *As ciências na Escola Primária*. Editorial Inquérito.
- Ferreira, M. E., Porteiro, A. C. & Pitarma, R.** (2015). Enhancing children's success in science learning: An experience of science teaching in teacher primary school training. *Journal of Education and Practice*, 6(8), 24-31.
- Fortin, M. F.** (2006). *O processo de investigação: da concepção à realização* (4ta. ed.). Lusociência.
- Fumagalli, L.** (1998). O ensino das Ciências Naturais ao nível fundamental da educação formal: Argumentos a seu favor. En H. Weissmann (Ed.), *Didáctica das Ciências Naturais. Contribuições e Reflexões* (pp. 13-29). ARTMED.
- Kamii, C. & Devries, R.** (1991). *Jogos em grupo na educação infantil: Implicações da teoria de Piaget*. Trajetória Cultural.
- Martins, I. P.** (2002). *Educação e Educação em Ciências* [Coletânea de textos]. Universidade de Aveiro.
- Ministério da Educação.** (2004). *Organização Curricular e Programas*. Departamento da Educação Básica.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.** (2019). *Formación Profesional – Tratamiento de imágenes – Unidad didáctica 4; Contenidos; síntesis aditiva*. [http://recursos.cnice.mec.es/fp/artes/ut.php?familia\\_id=5&ciclo\\_id=1&modulo\\_id=2&unidad\\_id=119&menu\\_id=1422&pagina=&pagestoyen=2&submenu\\_id=1671&ncab=2&contadort=1](http://recursos.cnice.mec.es/fp/artes/ut.php?familia_id=5&ciclo_id=1&modulo_id=2&unidad_id=119&menu_id=1422&pagina=&pagestoyen=2&submenu_id=1671&ncab=2&contadort=1)
- Moreira, M. A.** (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1). <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

- Parramon, J. M.** (1993). *Le grand livre de la couleur*. Bordas.
- Pereira, A.** (2002). *Educação para a Ciência*. Universidade Aberta.
- Piaget, J.** (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Félix Alcan.
- Piaget, J.** (1967). *La construction du réel chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.
- Santos, M. E. V. M.** (2001). *A cidadania na “voz” dos manuais escolares – O que temos? O que queremos?* Livros Horizonte.
- Serrano, G.** (2004). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes – I. Métodos*. Editorial La Muralla.
- Vergnaud, G.** (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2.3), 133-170.
- Vergnaud, G.** (2003). A genese dos campos conceituais. En E. P. Grossi, *Por que ainda há quem não aprende?* (2da. ed., pp. 17-21). Editora Vozes.
- Vergnaud, G.** (2009). O que é aprender? En M. Bittar & C. A. Muniz (Eds.), *A Aprendizagem Matemática na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais* (pp. 13-35). Editora CRV.
- Vergnaud, G. & Grossi, E. P.** (2005). Esquemas operatórios de pensamento: uma conversa com Gérard Vergnaud. En E. P. Grossi, *Ensinando que todos aprendem: fórum social pela aprendizagem*. Geempa.

La *Revista de Educación de Puerto Rico* (ISSN 2689-2944) surge de la fusión de las revistas *Cuaderno de Investigación en la Educación* (ISSN 1540-0786, e-ISSN 2472-7520) y *Pedagogía* (ISSN 0031-3769, e-ISSN 2689-1409). Es publicada por el Centro de Investigaciones Educativas de la Facultad de Educación, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras desde 2018.

Este artículo está disponible bajo las prácticas de acceso abierto, de acuerdo con la licencia de Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). Mediante estos principios, la revista y sus autores permiten a los lectores acceder, reproducir y compartir los textos completos de los artículos en cualquier medio, siempre que los autores y la revista reciban el debido crédito, sin sugerir que tienen el apoyo de ellos. Bajo ninguna circunstancia, los lectores pueden hacer uso de los contenidos con propósitos comerciales. Los autores conservan los derechos de autor sobre sus trabajos.

*Puerto Rico Journal of Education* (ISSN 2689-2944) is the merging of the journals *Cuaderno de Investigación en la Educación* (ISSN 1540-0786, e-ISSN 2472-7520) and *Pedagogía* (ISSN 0031-3769, e-ISSN 2689-1409). It is published by the Educational Research Center of the College of Education, University of Puerto Rico, Rio Piedras Campus since 2018.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Licence, Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). Under these terms, the journal and its authors grant readers unrestricted use, distribution and reproduction in any medium provided the original authors and source are properly credited, and without suggesting users have their support. Under no circumstances this content may be used for commercial purposes. The authors retain copyright on their works.