



Revista Educación
ISSN: 0379-7082
ISSN: 2215-2644
revedu@gmail.com
Universidad de Costa Rica
Costa Rica

Influencia del color del aula en los resultados de aprendizaje en 3° año básico: estudio comparativo en un colegio particular subvencionado en Santiago de Chile

Vidal Rojas, Rodrigo Alejandro; Avendaño, Constanza Vera

Influencia del color del aula en los resultados de aprendizaje en 3° año básico: estudio comparativo en un colegio particular subvencionado en Santiago de Chile

Revista Educación, vol. 44, núm. 2, 2020

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44062184015>

DOI: <https://doi.org/10.15517/revedu.v44i2.37283>

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

Influencia del color del aula en los resultados de aprendizaje en 3° año básico: estudio comparativo en un colegio particular subvencionado en Santiago de Chile

How the Color of a Classroom Influences Learning Outcomes in 3rd Grade Primary Education: A Comparative study in a Private Subsidized School in Santiago, Chile

Rodrigo Alejandro Vidal Rojas
Universidad de Santiago de Chile, Chile
rodrigo.vidal@usach.cl

 <http://orcid.org/0000-0002-3037-7883>

Constanza Vera Avendaño
Contract Workplaces, Chile
conix77@hotmail.com

 <http://orcid.org/0000-0002-3497-5434>

DOI: <https://doi.org/10.15517/revedu.v44i2.37283>
Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44062184015>

Recepción: 21 Junio 2019
Aprobación: 28 Abril 2020

RESUMEN:

Se analizaron y evaluaron las condiciones de habitabilidad de salas de clases de un colegio en la comuna de La Florida, Chile. El objetivo fue medir la influencia del color y la iluminación en el rendimiento de estudiantes de tercer año básico, a través de una acotada intervención en costo y en tiempo de ejecución. Se diseñó un método experimental semitransversal correlacional el cual permitió recolectar datos de rendimiento académico para inferir la relación causal entre el color del aula y el proceso de aprendizaje, a través de la técnica del prototipo, es decir, la transformación real de un aula, midiendo doblemente los resultados: se compararon resultados de estudiantes en Matemática y Lenguaje, antes y después de la transformación del aula, y se compararon los mismos resultados de estudiantes del aula modificada con los resultados de estudiantes del mismo nivel en un aula convencional. La investigación reveló que la adecuada y pertinente combinación de colores complementarios en el aula estimula y mejora el aprendizaje, en condiciones presupuestarias desventajosas, en un aula convencional, cuya estructura no puede ser modificada, y que un mejoramiento integral del aprendizaje requiere la intervención del conjunto de elementos estimulantes del ambiente educativo.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje, Escuela, Aula, Color, Iluminación.

ABSTRACT:

Conditions related to how habitable classrooms were at a school in the commune of La Florida, Chile were analyzed and assessed. The purpose of the study is to measure how color and lighting impacts the performance of 3rd grade primary school students after minimal changes were made to classrooms. The study design was partially cross-sectional and correlational which facilitated collection of academic performance data to be collected so as to better understand the causal relationship between classroom color and learning. A prototype technique was used through which an actual classroom was remodeled and the results measured in two manners. Results were compared among students in the Math and Language class, before and after the classroom was remodeled. The same results of the students were compared in the remodeled classroom with students at the same grade level in a conventional classroom. The study revealed that an appropriate and focused complementary color combinations in the classroom help stimulate and improve student learning, in disadvantageous conditions where conventional classrooms cannot afford significant remodeling. Overall improvement in student learning requires classroom environments that incorporate elements to make classrooms more conducive to learning.

KEYWORDS: Learning, School, Classroom, Color, Lighting.

INTRODUCCIÓN

La relevancia del aula en el proceso de aprendizaje ha sido destacada como un componente clave del proceso educativo, en la medida en que la arquitectura constituye, en sí misma, una “herramienta

educativa” (Almeida, 1999, p.73) expresada en la configuración de sus espacios y volúmenes, en función de los *criterios de diseño* que se utilicen (Montenegro, 2016). En el caso de Chile, hasta 1987, la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales (SCEE), creada por Ley 5.989 (Ministerio de Educación Pública, 1937), fue el organismo técnico, autónomo y responsable de dotar al país de establecimientos escolares y solucionar el déficit existente. La Ley 7.869 (Ministerio de Educación Pública, 1944, artículos 5° al 7°), la cual fijó el texto definitivo de la anterior Ley 5.989, dispuso la construcción y transformación de propiedades destinadas a establecimientos educacionales en terrenos y edificaciones de propiedad fiscal o particular. Su legado arquitectónico revela una preocupación especial por la calidad de la infraestructura escolar, dando “forma a un modelo arquitectónico de educación pública en busca de dar cobertura y responder a las necesidades del plan educativo de la época” (Torres, Valdivia y Atria, 2015, p.25). Un objetivo central de la SCEE fue impulsar el primer gran esfuerzo por correlacionar arquitectura con plan de estudios.

La importante evidencia acumulada en relación con la influencia del entorno físico sobre el proceso de aprendizaje de estudiantes en edad escolar, muestra experiencias conocidas con buenos resultados en países con un gran desarrollo educacional y, principalmente, en edificios de alto costo, diseñados o habilitados incorporando un adecuado diseño cromático, de iluminación y ergonómico, gracias a una alta inversión en infraestructura y equipamiento escolar. Sin embargo, hoy, cuando la SCEE ya no existe y los costos de construcción y mantenimiento deben ser asumidos principalmente por las Corporaciones Municipales sobre la base de presupuestos exiguos, ¿cómo aplicar estos principios de diseño en un aula convencional preexistente, cuya estructura no puede ser modificada, en colegios de muy limitado presupuesto cuyos estudiantes provienen de familias de bajos recursos?

Frente a la pregunta anterior, el objetivo de este artículo es revelar que un mejoramiento de la aula tradicional -concebida originalmente para un método pedagógico conductista, en el nivel de educación básica- a través de una intervención de diseño acotada en costo y en tiempo de ejecución (minimalista), puede contribuir a mejorar el rendimiento del estudiantado. Una precisa optimización de las condiciones lumínicas pintando las paredes con un color cuya longitud de onda se encuentra en un rango que estimula la concentración y la atención, además de un reordenamiento del mobiliario, constituyen la primera etapa que contribuye a mejorar los logros de aprendizaje, sin necesidad de invertir grandes sumas de dinero ni desarrollar proyectos arquitectónicos muy complejos para generar mejores aulas.

Una vez expuestos los Antecedentes, se presenta el Referente teórico sobre la influencia de la configuración arquitectónica en el bienestar de las personas y sobre la teoría del color. Luego, el Método explica los participantes, el procedimiento del estudio espacial del aula, el procedimiento de medición del mejoramiento del aprendizaje, la medición posterior a la modificación, las consideraciones normativas y la propuesta de modificación de los colores. Los Resultados revelan el mejoramiento de la iluminancia, la mejora de los resultados académicos, la satisfacción del alumnado y la satisfacción de docentes. Finalmente, se expone la Discusión y Conclusiones, además de las Referencias.

ANTECEDENTES

En Chile, el actual Plan Estratégico de Infraestructura Escolar, del Ministerio de Educación (Ministerio de Educación, 2015) busca incorporar nuevos estándares de infraestructura tanto en las nuevas construcciones escolares como en las existentes, construyendo espacios educativos los cuales optimicen el proceso de enseñanza-aprendizaje y que se adecuen a los desafíos del siglo XXI, según lo detallan y ejemplifican Delpiano y Quiroga (citados por REVEDUC, 2016). Algunos de esos nuevos estándares, son: *Flexibilidad* (el diseño de las aulas debe permitir distintas dinámicas y tipos de trabajo pedagógicos y no solo el discurso frontal); *Sustentabilidad, confort y eficiencia energética* (los proyectos deben contemplar eficiencia energética y certificación de edificio sustentable) y *Mobiliario y equipamiento*. En relación con estos estándares Montenegro (2016) afirma:

Los nuevos estándares propuestos por el Ministerio de Educación [...] buscan entregar un marco que permita mejorar la calidad de los espacios de aprendizaje, haciéndolos más acordes a las nuevas tendencias pedagógicas. Se busca generar espacios flexibles, multifuncionales, inclusivos, seguros, confortables, sustentables y eficaces, construidos con la participación de las comunidades. (p.10)

Sobre la base de un estudio de los resultados de las pruebas estandarizadas de Artes del Lenguaje Inglés (ELA) y Matemáticas, y su confrontación con los edificios, en 95 escuelas privadas en Nueva York, Durán (2008) demuestra que el esfuerzo aún incipiente de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, incorporando nuevos estándares, reconoce que las condiciones de la construcción de la escuela propician tanto la asistencia como el logro académico. Al contrario, la baja calidad de la construcción provoca un mayor ausentismo, que a su vez es el que conduce a un menor desempeño escolar del estudiantado. O'Neill y Oates citados en Evans (2006), coinciden, añadiendo que las mejores condiciones estructurales (calor, ventilación, paredes y pisos) y cosméticas (pintura, mantenimiento) están relacionadas con mejores calificaciones. Berry citado en Evans (2006), demuestra que después de una renovación de las instalaciones escolares, cada estudiante incrementó su asistencia a la escuela.

El diseño ergonómico del entorno de aprendizaje, se revela muy importante como estímulo al alumnado. Incluso Smith (2013) afirma que es tiempo de que el sistema educativo reconozca que el diseño del edificio es la principal influencia en el rendimiento y el aprendizaje. Por ello no ha sido casual la producción de abundantes recomendaciones como por ejemplo la desaparición de las paredes, la creación de espacios comunes o la versatilidad y polivalencia de los espacios, incluido un mobiliario fácil de mover (Tiching, 2017), siempre orientado a un mejor diseño del aula (OCDE, 2003). A lo anterior, Arias (2016) añade y explica la importancia de la luminosidad, la resonancia, la ventilación, la estructura flexible, la fácil limpieza y la seguridad, para contribuir a mejorar la calidad de la educación. Dos ejemplos de aulas diseñadas para alcanzar el logro de una propuesta pedagógica, pero en condiciones económicas bien superiores al del caso estudiado aquí, son Montessori (Figueroba, s.f.) y Waldorf (Albé, 2015). En el método Montessori (Figura 1) las aulas son espacios abiertos y libres con ambientes preparados intencionadamente en relación con el aprendizaje. Los niños pueden escoger los materiales de trabajo dentro de los expuestos en el aula y hacerlo de forma individual o en grupo. En el método Waldorf (Figura 2) en el ciclo inicial, el aula recrea el ambiente hogareño con zonas dedicadas al juego libre e imaginativo, mientras que, en primaria y secundaria, el aula es tradicional, pero con espacios para actividades concretas (como el juego creativo)



FIGURA 1
Aula Montessori
Fuente: (Soler, 2015).



FIGURA 2
Aula Waldorf
Fuente: Escuela Waldorf Meniñeiros (2019).

Diversos estudios y experiencias de aprendizaje ya confirman que *el color puede afectar el rendimiento escolar*. Moore (2016) sostiene que desde hace tiempo se sabe que el color afecta el rendimiento, las emociones y el comportamiento del estudiantado dentro de su entorno de aprendizaje físico. Mehta y Zhu (2009) explican que una investigación de la University of British Columbia, destinada a ver cómo el rendimiento cognitivo varía cuando la gente ve rojo o azul, demostró que los grupos rojos hicieron mejor las pruebas de recuerdo y atención al detalle, como recordar palabras o revisar la ortografía y la puntuación, mientras que los grupos azules mejoraron en las pruebas que requerían invención e imaginación.

Engelbrecht (2003) añade la importancia de ser sensibles a las diferentes respuestas de cada grupo de edad al color para crear un ambiente que mejore su experiencia educativa, puesto que la decisión de color depende de la edad, de las materias por enseñar y del objetivo de la sala específica de aprendizaje (aula, laboratorio, taller, etc.). De esto se puede concluir que no existe un único color adecuado para incentivar la disposición

al aprendizaje y no existe tal cosa como un ambiente de clase perfecto. La creación de ambientes armoniosos donde los cambios y flujos de emociones sean positivos para toda la comunidad escolar es un desafío.

Una de las herramientas claves para enfrentar ese desafío es la *influencia del sistema de iluminación* en el rendimiento escolar, en el estado de ánimo, en las relaciones interpersonales, en los sistemas endocrinos, entre otros factores, como lo demuestra, por ejemplo, el estudio de Barkmann, Wessolowski, y Schulte-Markwort (2012) en dos salas de clases distintas, a través del efecto de la iluminación variable (VL) en iluminancia y temperatura de color en el aula, según diversas medidas de rendimiento y actitud de cada estudiante, con muy buenos resultados de aprendizaje y concentración. Resultados similares logró Slegers et al. (2012) a través de tres experimentos con distintos sistemas de iluminación: en dos casos, flexible y dinámica y, en el tercer caso, con dos configuraciones de iluminación dentro de una configuración de laboratorio sin ventanas. Esto es consistente con lo que explica Muñoz (2011): "Cuando se ve bien y la vista está descansada, el estudiante puede concentrarse de mejor manera, logrando mayor comprensión y atención en la sala de clases. Pero también favorece al profesor, por otro lado, lo que genera un beneficio mutuo" (párr. 11). Por su parte, Errázuriz (2015) y Moore (2016) coinciden en demostrar la relevancia de la *calidad estética del entorno escolar* como estímulo de aprendizaje, lo que, según Vera (2017) debe incorporar el color como un factor clave en el diseño arquitectónico sobre el bienestar humano. En suma, el mejoramiento de los logros de aprendizaje en la escuela depende de diversas *condiciones integrales para la calidad de la educación* (Meghani, 2009).

Entonces, se pretende demostrar que la adecuada y pertinente combinación de colores complementarios, en cuanto a tonalidad, intensidad, saturación, tipo y tamaño de la superficie, proporciones y exposición a la luz, genera una positiva influencia energética sobre los niños al crear una atmósfera espacial y un campo visual que estimula y mejora el aprendizaje, en condiciones arquitectónicas, constructivas y presupuestarias desventajosas.

REFERENTE TEÓRICO

Influencia de la configuración arquitectónica en el bienestar de las personas.

La felicidad y el bienestar de las personas son la finalidad primera del diseño arquitectónico. Thermia Barcelona (s.f.) distingue trece claves de diseño para crear *edificios felices*, mientras que otros han intentado estandarizar la calidad del diseño, desde la medida (Neufert y Neufert, 2012). Zumthor (2006) y Pallasma (2012) defienden la idea de que el espacio habitable debe ser capaz de interpelar todos los sentidos humanos, como ocurre por ejemplo en la arquitectura religiosa, en relación con el efecto que el edificio genera sobre los fieles en términos de su mayor o menor práctica religiosa y devoción, como lo demuestran Vidal y Rozas (2017). Los aspectos acústicos estudiados por Egan (2007), los problemas y las soluciones térmicas de edificios, desarrolladas por Mayorga (2012), y todo lo relacionado con la accesibilidad universal (Hernández y García, 2011), son esenciales para lograr construir una arquitectura *más humana*, según la fórmula sugerida por Fernández (2013), donde sea grato *habitar* (Cuervo, 2017).

Considerado el pionero de la teoría y práctica de la arquitectura occidental, Vitruvio (2004) escribió en el año 15 a.e.c., el tratado de arquitectura donde estableció las bases de una *buena* arquitectura para el ser humano, a partir de su famosa tríada, sintetizada por Claude Perrault, en el siglo XVII: *firmitas* (solidez); *utilitas* (función, uso previsto); *venustas* (belleza). Hoy en día diversas percepciones, prácticas ancestrales y técnicas nuevas vienen a contribuir a este permanente desafío de producir bienestar desde la arquitectura. Es por ejemplo el caso del *Feng Shui* (Mao, 2014), del diseño biofílico (Browning, Ryan y Clancy, 2014) y de la *permacultura* (Franco, 2016) aplicada al diseño arquitectónico, de modo de acercar el ser humano a la naturaleza, para un bienestar sostenible (Vidal, 2016).

Broto (2013) ha planteado el problema del bienestar y su aplicación a la arquitectura para el aprendizaje, de modo de lograr espacios que estimulen al estudiantado y le permita concentrarse, lo que a largo plazo debería influir positivamente en la sociedad. En ese sentido, y respecto al diseño de las escuelas, Durán (2008) reveló que las condiciones de la construcción de la escuela propician tanto la asistencia como el logro académico, y que la baja calidad de la construcción propicia mayor ausentismo, que a su vez es el que conduce a un menor desempeño escolar. También, el estudio de Berry citado en Evans, 2006, demuestra que después de una renovación de las instalaciones escolares, el alumnado incrementó su asistencia a la escuela. El estudio permitió concluir que un buen diseño arquitectónico mejora la calidad de la educación impartida en esos espacios. Almeida 1999 coincide con esta idea en el sentido de que la arquitectura misma educa, por sus espacios, por la configuración de las formas, por los materiales, por sus colores y por sus espacios exteriores.

Además, O'Neill y Oates citados en Evans (2006), han demostrado que las mejores condiciones estructurales (calor, ventilación, paredes y pisos) y cosméticas (pintura, mantenimiento) están directamente relacionadas con mejores resultados de aprendizajes evidenciados en mejores calificaciones. En relación con estas condiciones, el impacto de la iluminación en el comportamiento humano ha sido ampliamente demostrado, por lo tanto, el objetivo de una buena iluminación es brindar seguridad, confort y resaltar los elementos que componen un ambiente determinado. El impacto en la salud y en los resultados de aprendizaje de las y los estudiantes, de la configuración espacial y de las cualidades de los recintos para acoger la integralidad del programa educativo, ha sido ampliamente demostrado, como, por ejemplo, por Baker (2012), especialmente considerando la diversidad de modos contemporáneos de aprendizaje y la correspondiente diversidad de lugares donde se aprende (Vidal, 2015).

Respecto de esa configuración espacial, Barrett y Zhang (2012) han revelado el papel fundamental que juega el cuerpo docente en las decisiones de diseño, pues el profesorado es el vínculo entre el programa educativo y los lugares donde dicho programa se desarrolla. Además, Mejía (2011) ha mostrado la importancia de que la totalidad de los factores ambientales juegan en el proceso de aprendizaje en el nivel escolar básico. Pero Burrus (2001) ha señalado que los factores luz y color son igualmente importantes en la educación de adultos. Y existe evidencia de que estos factores no solo influyen sobre el proceso cognitivo ligado al aprendizaje, sino que también impactan sobre las emociones (Calvillo, 2010). Esta idea es consistente con la evidencia acumulada respecto de que la generación de bienestar humano es la primera tarea ineludible de la arquitectura (Vidal, 2016). En consecuencia, al momento de diseñar un recinto habitable se debe estudiar cuidadosamente la luz y el color del recinto, en cuanto a intensidad, tonalidades, tipo, flujo luminoso y saturación del color, pero también, según Pattini (2000), poniendo especial atención en las diferencias de exigencias de iluminación, según la actividad, el país y según se trate de iluminación natural o artificial.

Teoría del color.

Según Heller (2004), el color es un factor clave en el comportamiento de las personas y tiene una enorme incidencia en la memoria. Al respecto, Embry (1984) demuestra que para los que deben aprender sus lecciones, el color mejora el aprendizaje del 55% al 78%. El color es inherente a todo lo que se ve y se elabora, pero también, según Meghani (2009), el color desempeña una función relevante en la emoción, la productividad, la comunicación y el aprendizaje.

En 1666, Newton (Pimentel, 2015) tuvo las primeras evidencias de que el color no existía no era una característica de un objeto sino, una apreciación subjetiva. Encerrado en una pieza oscura, creó un orificio dejando pasar un pequeño haz de luz blanca. Posteriormente interceptó esa luz con un prisma de base triangular, y percibió que al pasar por el cristal el rayo de luz se descomponía y aparecían los colores del espectro reflejados en la pared donde incidía el rayo de luz original: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta. Concluyó que todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja

las restantes. Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas en el cerebro como distintos colores según las longitudes de ondas correspondientes. El ojo humano solo percibe las longitudes de onda cuando la iluminación es abundante. Cuanto menos luz se tenga disponible más se asemeja a una visión en blanco y negro.

A principios del siglo XX, Rudolf Steiner, creador del sistema educativo Waldorf, concebía los colores en las salas de clases como factor clave en el aprendizaje de los niños, pues suscitaba la concentración, creatividad y la relajación entre estudiantes. Zelanski y Fisher (2001) muestran que, durante tres años, Henner Ertel desarrolló un estudio, donde comprobó que el blanco, el negro y el marrón son colores que provocan una baja considerable en el rendimiento. Las conclusiones se explican básicamente por dos motivos: primero, a la mayoría de los niños no les gustan esos colores y por otra parte son colores poco dinámicos, lo que no ayuda ni a concentrarse, ni a ser creativos ni mucho menos tiende al relax, mientras que el verde, el amarillo, el anaranjado y el azul cielo favorecen el aprendizaje. Según Causse (2014), el anaranjado es capaz de mejorar comportamientos sociales y el azul hará que el alumnado tenga más imaginación en sus redacciones. Ambientes acogedores e intencionados que motiven al aprendizaje, en lugar de espacios sombríos, incoloros y aburridos, espacios sin vida, provocados principalmente por los elevados costos de inversión y mantenimiento, estimulan a un mejor aprendizaje.

Si la idea es estimular, lo ideal es utilizar un color brillante y enérgico en la pared detrás de cada docente con la finalidad de mantener un punto focal por parte del estudiantado y uno neutral para el resto de las paredes. De esta manera, cada estudiante se sentirán estimulado por lo que ven detrás del instructor, pero el color suave de las otras paredes reducirá el cansancio visual y estimulará el estudio. Engelbrecht (2003) sugiere ser sensibles a las diferentes respuestas de cada grupo de edad al color para crear un ambiente que mejore su experiencia educativa. Niñas y niños pequeños gravitan hacia colores brillantes y cálidos como el rojo y el amarillo, el anaranjado y el violeta. De este modo los esquemas de colores cálidos y brillantes parecen complementar la naturaleza activa y energizante de cada infante. Sin embargo, aunque el brillo y la intensidad del color son útiles para atraer la atención, pueden no ser conducentes al aprendizaje.

Para estudiantes preescolares y de enseñanza básica, hasta sexto grado, los colores suaves y calmantes funcionan muy bien como colores complementarios tales como tonos cálidos y suaves de blancos y cremas. Pero sí se recomiendan colores más fuertes y brillantes como acentos y puntos focales. En esta franja etaria, es importante que el esquema de color seleccionado no compita con las ilustraciones que generalmente se exponen, más bien, debe complementar o mejorar su visualización. También se debe tener en cuenta que el alto brillo de la pintura hace que los colores parezcan más ricos y saturados. Se puede concluir que no existe un único color adecuado para incentivar la disposición al aprendizaje y no existe tal cosa como un ambiente de clase perfecto. Aun así, con el conocimiento y la experiencia acumulada es posible crear ambientes armoniosos y construir un ambiente donde los cambios y flujos de emociones sean positivos para toda la comunidad escolar.

Considerando que el color no es una cualidad fija de los objetos, se entiende que muta dependiendo de la luz ambiental. Además, genera efectos psicofisiológicos en el ser humano, como lo afirma Heller (2004):

Conocemos muchos más sentimientos que colores. Por eso cada color puede producir muchos efectos distintos, incluso a menudo contradictorios. Un mismo color actúa en cada ocasión de manera diferente. Por ejemplo, el mismo rojo puede resultar erótico o brutal, inoportuno o noble. Un mismo verde puede parecer saludable o venenoso, o tranquilizante. Un amarillo, radiante o hiriente (p.18).

Ningún color actúa solo o aislado, más bien intervienen varios colores en su percepción, lo cual se denomina *acorde cromático*, este se compone de aquellos colores más frecuentemente asociados a un efecto o concepto particular. El color es más que un fenómeno óptico y que un medio técnico, pues tiene un sentido psicológico: “el rosa procede del rojo, pero su efecto es completamente distinto. El anaranjado está emparentado con el marrón, pero su efecto es contrario al de este” (Heller, 2004, p. 51-52). Por lo tanto, la versatilidad del color

permite percibir espacios de una manera completamente diferente dependiendo del criterio en su utilización y también de los diversos contextos culturales.

MÉTODO

Se diseñó un método experimental semitransversal, correlacional y cuantitativo, el cual permitió recolectar datos en dos momentos bien específicos, para inferir la relación causal entre el color del aula y el proceso de aprendizaje. Se utilizó para ello la técnica del prototipo o estudio experimental piloto, es decir, la transformación real de un aula. El aula se modificó durante un fin de semana, se efectuó una limpieza profunda, una corrección de desperfectos (mobiliario, empastes), una restructuración del mobiliario en función de la iluminación existente y una modificación de la paleta de colores de las paredes y cielo. Se tomaron mediciones de aprendizaje antes y después de la transformación y se compararon ambos resultados.

PARTICIPANTES

Se seleccionó el 3° básico A del colegio Alfonso Araneda^[1], ubicado en la comuna de La Florida en Santiago de Chile, adscrito al sistema de subvención con financiamiento compartido y también a la Subvención Escolar Preferencial (SEP), debido a que es parte de los colegios públicos y particulares subvencionados que no disponen de recursos para invertir en infraestructura para mejorar los resultados de aprendizaje y que por su tamaño y el nivel socioeconómico del estudiantado que atiende, se encuentra en una media de los colegios de su tipo: al menos un 15% del alumnado presenta condiciones de vulnerabilidad socioeconómica.

Considerando que a partir de tercero básico el colegio es capaz de sostener un estudiantado en jornada escolar completa (JCE) hasta el 4° medio; que en cada nivel existen dos cursos paralelos comparables; que la evidencia científica revela que en niñas y niños de enseñanza básica de entre 8 y 9 años la atención alcanza un óptimo desarrollo y son más sensibles a los cambios del entorno (según Mariscal, Giménez y Carriedo, 2009), se decidió trabajar en este nivel de enseñanza. Además, contaban con una/un docente jefe con disposición colaborativa frente al proyecto y a la experiencia por desarrollar en el aula, en un curso que cuenta con datos oficiales de rendimiento académico por parte del Ministerio de Educación. Se privilegió el 3° A por sobre el 3° B, puesto que es el curso que trabaja en el aula con mayores deficiencias lumínicas (factor arquitectónico) y que posee los más bajos resultados de aprendizajes (factor académico). Esta decisión fue apoyada por la dirección del colegio y por el profesorado de Lenguaje y de Matemática.

Cabe añadir que las aulas del 3° básico (A y B) registraron 60 a 75 decibeles de ruido mientras cada estudiante estaba en clases, lo que supera el nivel de ruido óptimo de 35 decibeles recomendado por la Organización Mundial de la Salud para un adecuado proceso de aprendizaje. La similitud de ambas aulas se constató también respecto de temperatura y humedad.

Según los informes del profesorado de ambos cursos, el 3° A es un curso muy conversador e inquieto. Pero, aunque existe dificultad de mantener el orden y la atención durante las clases, es un curso muy participativo y posee una buena disposición general para las actividades de aprendizaje. El promedio general de notas acumuladas del 3° A es de 5,6 y el del 3° B es de 5,8.

PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO ESPACIAL DEL AULA ANTES DE SU MODIFICACIÓN

Todas las aulas del establecimiento cuentan con dimensiones tipo para los establecimientos escolares, de 9 x 6 m. en planta, y cielo inclinado con altura de 2,5 m., en el perímetro, y de 4 m., en la parte central. Tanto el estudiantado como el mobiliario se orientan hacia el pizarrón frontal y el/la docente (ubicada/o en el lado más angosto de la sala), en tres filas de asientos con dos asientos en cada fila y dos pasillos centrales. Las aulas

de ambos cursos, poseen amplias zonas vidriadas orientadas al oriente y poniente (Figura 3). Al oriente, las ventanas están ubicadas de muro a muro con antepecho de 1 metro, quedando un área vidriada de 13,5 m². Al poniente, las ventanas están ubicadas desde el muro hasta el acceso de la puerta, con antepecho de 1,5 m. de altura, y un área vidriada total de 6,5 m².



FIGURA 3
Iluminación oriente (mañana) vs. Iluminación poniente (tarde).
Fuente. Elaboración propia

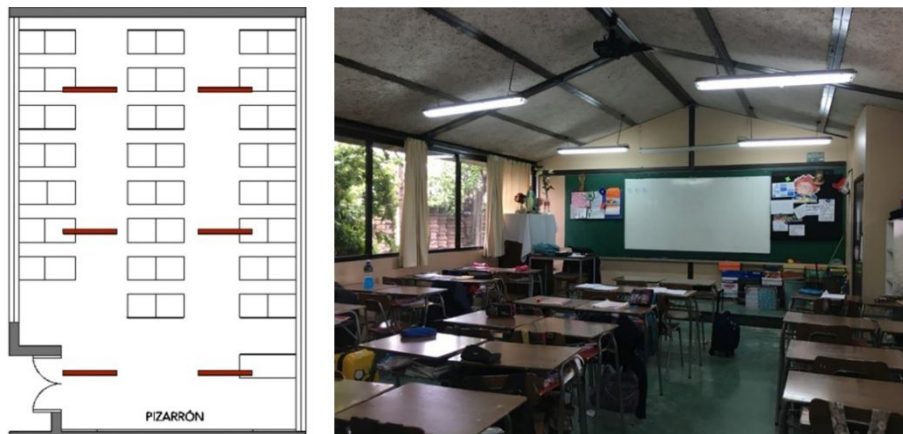


FIGURA 4
Distribución iluminación artificial
Fuente. Elaboración propia

La iluminación artificial consta de seis difusores, con dos tubos fluorescentes de 36 w cada uno, los que se ubican perpendicular a la longitud de la sala (Figura 4). Emiten un tipo de luz día lo cual permite mantener activo al alumnado, evitando la somnolencia. Dos difusores se ubican cercanos al pizarrón lo que deja visualizar de mejor manera las lecciones. Los otros cuatro se ubican a lo largo del aula, a una distancia de 2,75 metros entre ellos. Esta distribución, impide la correcta iluminación de las mesas del estudiantado, pues se centra en los pasillos.

Con un luxómetro se midió la cantidad de luz (lux) sobre el mobiliario correspondiente, en tres puntos de atención; pizarrón, mesa del/de la docente y mesa de cada estudiante. Estas mediciones se organizan con luz natural y luz artificial, en dos situaciones distintas: con cortinas cerradas y con cortinas abiertas, para así determinar las reales condiciones del estudiantado en su aula. Las mediciones se efectuaron en distintos días y horarios para tener un espectro mayor de las condiciones existentes.

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DEL MEJORAMIENTO DEL APRENDIZAJE

Puesto que la variable independiente es el color del aula y que la principal variable dependiente es el mejoramiento de los logros de aprendizaje, el resultado observable serán las notas de pruebas que se aplicarían, respecto a las notas logradas por ellos mismos antes de la modificación de la sala, pero también respecto de las notas del 3°B. Los datos serán el rango de notas, el promedio general y las notas comparadas entre los cursos. Entonces, como método de evaluación de propuesta, se ejecutaron dos evaluaciones estándar: Lenguaje y Comunicación (Comprensión de lectura), la cual ya se encontraba diseñada previamente por las autoridades del colegio, y Matemáticas diseñada por la profesora de matemáticas de ambos cursos.

Antes y después de la transformación del aula del 3°A, se aplicaron ambas pruebas del mismo nivel de dificultad a ambos cursos (3°A y 3°B), pero variando las preguntas. Las evaluaciones fueron tomadas bajo condiciones similares: ambos cursos fueron evaluados durante la mañana y se consideraron las mismas pautas de evaluación en todas las ocasiones, estableciendo los mismos criterios de corrección. Ambas pruebas fueron evaluadas de modo independiente tras lo cual se compararon los resultados logrados en las pruebas de lenguaje y matemática por el 3°A, post transformación del aula, con los resultados logrados en las mismas pruebas, antes de la transformación del aula. Luego, se compararon los mismos resultados con aquellos del 3°B.

Medición posterior a la modificación

Modificada el aula, se efectuaron nuevas mediciones de iluminación. Pasado un mes desde la modificación, durante el cual el estudiantado ocupó la nueva sala, se desarrolló la evaluación del aprendizaje al 3°A y 3°B, con la finalidad de ver el avance de manera cuantitativa. Además, se considera la evaluación de la sala a través de encuestas a cada estudiante y entrevistas a docentes para tener un dato cualitativo complementario de cómo han trabajado en la sala intervenida.

CONSIDERACIONES NORMATIVAS

La evaluación de los resultados de iluminación consideró los estándares exigidos en la normativa chilena. Se tuvo a la vista el Decreto 47, artículo 4.5.5, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (1992), que establece los niveles de Iluminación y Ventilación Natural. Para el caso de los recintos docentes, en la Región Metropolitana, la superficie de los vanos debe ser de al menos un 17% de la superficie del recinto para iluminación natural y un 8% para ventilación. También se tuvo a la vista el Decreto N° 548, del Ministerio de Educación Pública (1988) y sus modificaciones, respecto de los requisitos de luminosidad y ventilación. En el caso de la iluminación de recintos escolares, fija una iluminancia mínima de 200 lux.

Por otra parte, en 2014, se publicó *Criterios de Diseño para Espacios Educativos* en el marco del programa FEP (Fortalecimiento de la Educación Pública), el cual consta de normativa actualizada basada en iluminancia ASHRAE con conceptos de adaptabilidad o flexibilidad espacial antes mencionados, sustentabilidad y eficiencia energética y una actualización de los tamaños de los recintos. Se consultó la normativa de diversos países del mundo (Tabla 1), para tener una comparación, considerando la cantidad de iluminación que llega a una superficie horizontal a la altura de un plano de trabajo (0.80m) que debe ser alcanzada en toda la superficie útil del local, y en el plano de la pizarra. Al respecto, UNESCO (1999) sugiere que la iluminación óptima en salas de clases sea de 350 lux, mientras que la Unión Europea (EU) sugiere 300 lux, como mínimo.

TABLA 1
Iluminancias mínimas para locales educacionales en diversos países del mundo

País	General (Lux)	Pizarra (Lux)
Argentina	500	1000
Holanda	500	500
México	400	900
Perú	350	350
Francia	325	425
Colombia, Gran Bretaña	300	300
Unión Europea	300	Sin información
Alemania, Austria, Suiza	300 - 500	300 - 500
Bélgica	300 - 750	750 - 1500
Australia	240	240
Japón	200 - 750	300 - 1500
Brasil	200 - 500	300 - 750
Estados Unidos	200 - 300 - 500	500 - 750 - 100
Dinamarca	200	500
Chile	200	200
Finlandia	150 - 300	300 - 750

Fuente. Elaboración propia

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LOS COLORES

Los principales colores originales del aula son el rosa pálido en las paredes, el blanco mate en el cielo y el verde en el piso y área del pizarrón (blanco brillante). Y debido a que esta investigación no pretendió modificar el método de enseñanza, sino medir resultados en la sala en la cual trabajan y con el método empleado, se constató que la zona más importante es la del/de la docente (según el método conductista utilizado), por lo que la idea fue potenciar el área del pizarrón y del/la profesora, con la intención de que el estudiantado focalice la atención en ese punto. Por ello, se determinó que el azul *CMYK: 100, 50, 0, 0*, es el color idóneo para mejorar la concentración, puesto que es un color sedante que permite al alumnado tranquilizarse, concentrarse y, por ende, enfocarse en lo solicitado por el/la docente. No se optó por colores cálidos pues estos se recomiendan para menores de nivel básico que responden efectivamente a las instrucciones de su docente y no muestran niveles altos de distracción. Como la armonía de los complementarios exige un color cálido, se propuso el azul como eje principal y el anaranjado *CMYK: 0, 50, 100, 0* como complementario; color cálido, el cual se utilizará en los elementos estructurales con la finalidad de lograr que un mismo color se vea más vibrante e intenso. En el resto del aula se estableció un blanco mate, el cual permitiera potenciar la iluminación y matizar junto a los otros colores seleccionados.

El azul es también un incitador de conocimiento. Se han demostrado sus potencialidades en la adquisición del conocimiento y la capacidad de retener información. Un estudio en Alemania, desarrollado en dos mil personas, demostró que el azul *CMYK: 100, 50, 0, 0* es el color más apreciado por parte de la población, quedándose con el 45% de las preferencias. Según el mismo estudio, el azul posee un acorde típico, azul-blanco, que representa fielmente la inteligencia, la ciencia y el conocimiento, por lo cual se deduce que será de gran aceptación por parte de los participantes (Heller, 2004). En Chile, la aceptación de este azul es de 50% en primera opción y, dentro de las primeras tres opciones, del 87,5%, siendo el único tono de azul seleccionado a diferencia de otros colores en donde la elección difería según tonalidades. Por su parte, el color anaranjado representa *personalidad juvenil*, asociándolo con conceptos de alegría, juventud, sociabilidad, estimulación, etc., lo que indica que se ajusta perfectamente a la intención de su utilización (Segura, 2016).

Finalmente, se decidió utilizar iluminación fría, que permite a las y los estudiantes evitar la somnolencia, manteniéndolos activos y más focalizados. Los difusores permiten que la luz no incida de manera directa sobre estudiantes y evitan posibles deslumbramientos. Pero para lograr que la iluminación sea equitativa y que alcance los estándares mínimos en todas las mesas, se reubicó el mobiliario en función de la iluminación aprovechando el sentido paralelo con respecto al mobiliario, agrupando las mesas en tres y creando un pasillo central y dos pequeños pasillos laterales.

RESULTADOS

Mejoramiento de la iluminancia

La Figura 5 muestra el aula original, el proyecto de modificación y el aula modificada. La Tabla 2 detalla los resultados de la medición de iluminancia desarrollada en el aula original, en el aula con el mobiliario reordenado y en el aula con el mobiliario y los colores modificados, a las 17:30 horas, con luz artificial y las cortinas cerradas, para aislar las variables mobiliario y color, de la incidencia de la luz natural. El Apéndice B detalla la iluminancia (lux) sobre cada mesa de trabajo, antes y después de la modificación del aula. La modificación del aula permitió disminuir la iluminancia máxima, de 458 a 293 lux; aumentar la iluminancia mínima, de 132 a 202 lux; y aumentar levemente la iluminancia promedio, de 232 a 257 lux.

El resultado es relevante por cuanto la mesa menos iluminada supera levemente la iluminancia mínima exigida por la norma chilena 4/2003, que es de 200 lux. En otras palabras, en términos de bienestar lumínico, todo el alumnado de la clase se beneficia de un estándar que supera el mínimo, sin existir, además, diferencias notables entre ellos. En el aula original, la diferencia entre la mesa más iluminada y la menos iluminada era de 326 lux, mientras que en el aula modificada dicha diferencia disminuye a 91 lux.



FIGURA 5

De izquierda a derecha, tres etapas del aula del 3°A: estado original, proyecto de modificación y sala modificada.

Fuente. Elaboración propia

De izquierda a derecha, tres etapas del aula del 3°A: estado original, proyecto de modificación y sala modificada.

Fuente. Elaboración propia

TABLA 2

Comparación del aula original, del aula con mobiliario corregido y de la misma aula modificada (pintada), a las 17:30 horas, con luz artificial y cortinas cerradas.

Elemento	Máximo lux	Mínimo lux	Lux promedio
Aula original (21-10-2016)	458	132	232
Aula c/mobiliario corregido (24-10-2016)	283	162	242
Aula modificada (01-11-2016)	293	202	257

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 3 revela que el aumento del bienestar lumínico persiste de igual modo si se compara el aula original con el aula modificada, en tres condiciones distintas, a la 9:45 horas: con luz natural; con luz artificial y cortinas abiertas; y con luz artificial y cortinas cerradas. Solo en el caso del aula modificada medida con luz natural, la iluminancia mínima no alcanzó el estándar de 200 lux, a pesar de que mejoró desde 28 a 146 lux. En todos los otros casos se verificó un aumento notable de la iluminancia mínima alcanzando el estándar normativo.

TABLA 3

Comparación del aula original (18-10-2016) con el aula modificada (pintada+mobiliario) (07-11-2016), a las 9:45 horas.

Elemento	Máximo lux	Mínimo lux	Lux promedio
Aula original, con luz natural	662	28	125
Aula modificada, con luz natural	480	146	230
Aula original, con luz artificial y cortinas abiertas	615	110	233
Aula modificada, con luz artificial y cortinas abiertas	700	316	432
Aula original, con luz artificial y cortinas cerradas	223	118	172
Aula modificada, con luz artificial y cortinas cerradas	583	225	330

Fuente. Elaboración propia

Mejoramiento de los resultados académicos

Ciertamente, lo relevante del mejoramiento de la iluminancia descrita está en su directa correlación con el mejoramiento de los resultados académicos del alumnado, que ha sido el objetivo de la investigación. La Tabla 4 muestra que, con respecto a la evaluación comparada en Matemática, entre la prueba 1 (antes de la modificación) y la prueba 2 (después de la modificación), la nota promedio en el 3°A subió de 3,8 a 4,1, mientras que en el 3°B se mantuvo en 4,7. En la Tabla 5 se compara para ambos cursos (3°A y 3°B) la cantidad de estudiantes que suben, bajan o mantienen su nota en la prueba 2 respecto de la prueba 1. Es notable observar que, en el caso del 3°A, el 71% del alumnado aumenta su nota, contra un 37% de aumento en el 3°B. Asimismo, mientras un 26% del 3°A baja su nota, la baja en el 3°B es de 47%. Un 3% en el 3°A y un 16% en el 3°B mantienen su nota.

La Figura 6 muestra el diferencial entre la nota de la prueba 1 y de la prueba 2 de Matemática, para cada estudiante que rindió ambas pruebas. En el 3°A, 35 estudiantes (80%) y, en el 3°B, 37 estudiantes (82%), que son además quienes poseen una asistencia completa. Los datos se ordenaron tomando, en primer lugar, al estudiante que logra la mayor diferencia positiva en el 3°A hasta el/la estudiante que logró la mayor diferencia negativa. El gráfico muestra que la curva del 3°A (más oscura) supera la curva del 3°B, hasta el/la estudiante N°14, lo que revela que esos 13 primeros estudiantes mejoraron ostensiblemente mucho más que los 13 del 3°B, donde incluso hay ocho cuyo resultado en la prueba 2 fue menor al de la prueba 1. Desde el/la estudiante 14 en adelante los resultados son diversos.

TABLA 4
Comparación de resultado promedio en Matemática, con prueba tomada en el aula original (Prueba 1) y en el aula modificada (Prueba 2).

Curso	Prueba 1	Prueba 2
3° básico A	3,8	4,1
3° básico B	4,7	4,7

Fuente. Elaboración propia

TABLA 5
Porcentaje de estudiantes que suben o bajan su nota en la Prueba 2 (aula modificada), respecto de la Prueba 1 (aula original), en Matemática.

Curso	Suben	Bajan	Mantiene
3° básico A	71%	26%	3%
3° básico B	37%	47%	16%

Fuente. Elaboración propia

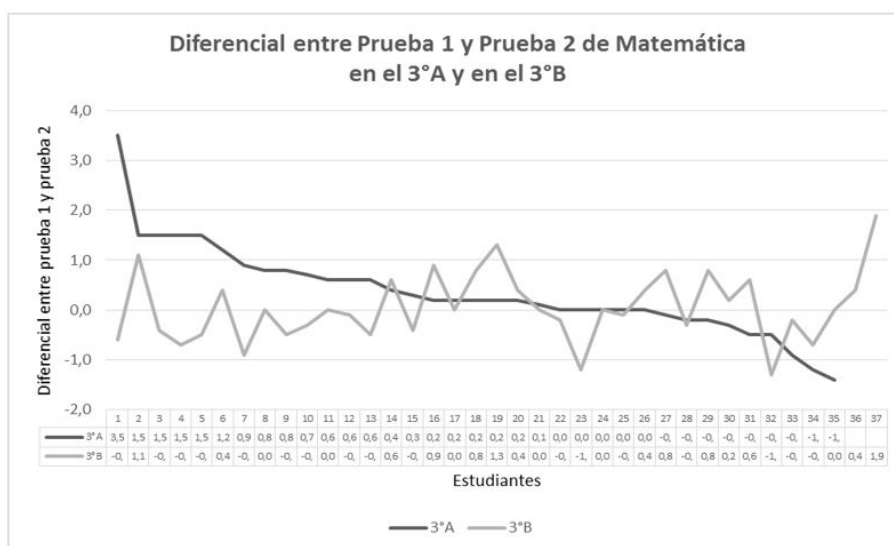


FIGURA 6

Gráfico que muestra el diferencial entre la prueba 1 y la prueba 2 de Matemática, para ambos cursos.

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 6 muestra que, con respecto a la evaluación comparada en Lenguaje y Comunicación, entre la prueba 1 (antes de la modificación) y la prueba 2 (después de la modificación), la nota promedio en el 3°A

subió de 4,0 a 4,5, mientras que en el 3°B disminuyó de 4,6 a 4,5. En la Tabla 7 se compara para ambos cursos (3°A y 3°B) la cantidad de estudiantes que suben, bajan o mantienen su nota en la prueba 2 respecto de la prueba 1. Es notable observar que, en el caso del 3°A, el 66% del alumnado aumenta su nota, contra un 37% de aumento en el 3°B. Asimismo, mientras un 31% del 3°A baja su nota, la baja en el 3° B alcanza un 51%. Un 3% en el 3°A y un 12% en el 3°B mantienen su nota.

TABLA 6
Comparación de resultado promedio en Lenguaje y Comunicación, con prueba tomada en el aula original (Prueba 1) y en el aula modificada (Prueba 2).

Curso	Prueba 1	Prueba 2
3° básico A	4,0	4,5
3° básico B	4,6	4,5

Fuente. Elaboración propia

TABLA 7
Porcentaje de estudiantes que suben o bajan su nota en la Prueba 2 (aula modificada), respecto de la Prueba 1 (aula original), en Lenguaje y Comunicación.

Curso	Suben	Bajan	Mantienen
3° básico A	66%	31%	3%
3° básico B	37%	51%	12%

Fuente. Elaboración propia

La Figura 7 denota el diferencial entre la nota de la prueba 1 y de la prueba 2 de Lenguaje y Comunicación, para cada estudiante que rindió ambas pruebas. En el 3°A, 38 estudiantes (86%) y, en el 3°B, 35 (80%). Los datos se ordenaron tomando, en primer lugar, al estudiante que logro la mayor diferencia positiva en el 3°A hasta el/la estudiante que logró la mayor diferencia negativa. El gráfico muestra que la curva del 3°A (más oscura) supera la curva del 3°B, hasta el/la estudiante N°21, lo que revela que esos 20 primeros estudiantes mejoraron ostensiblemente mucho más que los 20 del 3°B, donde incluso hay 10 cuyo resultado en la prueba 2 fue menor al de la prueba 1. Desde el/la estudiante 21 en adelante los resultados son diversos.

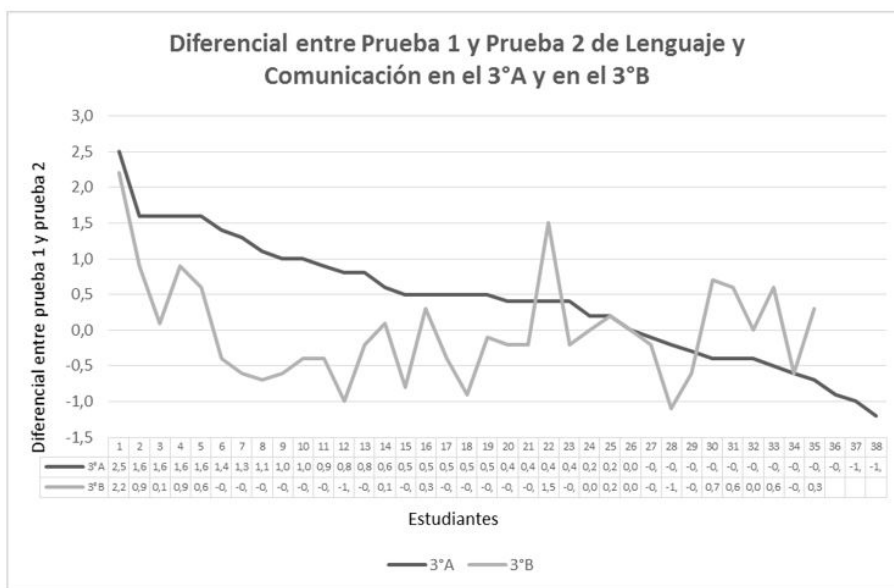


FIGURA 7
Gráfico que muestra el diferencial entre la prueba 1 y la prueba 2 de Lenguaje y Comunicación, para ambos cursos.
Fuente. Elaboración propia

La mejora del aprendizaje es significativa desde el punto de vista de la satisfacción del/la estudiante. En Matemática, la nota promedio aumentó 0,3 puntos en el 3ºA, mientras que se mantuvo en el 3ºB. En Lenguaje, el aumento fue de 0,5 puntos en el 3ºA, mientras que en el 3ºB disminuyó 0,1. Por otra parte, en Matemática, el 71% del alumnado aumentó su nota, contra un 37% de aumento en el 3ºB. En Lenguaje, el 66% del alumnado aumenta su nota, contra un 37% de aumento en el 3ºB. Lo inusual de estos resultados comparados en un tiempo tan breve muestran la positiva influencia en la intervención en la sala de clases.

Satisfacción del estudiantado

El alumnado se manifiesta de manera positiva frente al proyecto desarrollado (Apéndice C), expresando que, si bien no existían conflictos mayores con la sala anterior, sí se muestran satisfechos con lo proyectado y la mayoría prefiere mantener la sala con la modificación de colores. La Tabla 8 revela que al 92,6% del alumnado le agrada estar en su nueva sala, mientras que solo un 7,4% no sabe responder. De acuerdo a la Tabla 9, al 51,9% sí le gustaba su sala anterior, pero no así al 40,7%. El 7,4% no sabe responder. No obstante, la Tabla 10 revela que solo al 11,1% le gustaría volver a su sala anterior, contra un 59,3% que manifiesta no volver a la anterior sala. Es notable que un 29,6% no sabe responder.

TABLA 8
Respuestas a la pregunta: ¿Te agrada estar en tu actual sala de clases?

Tipo de respuesta	Respuesta	Porcentaje %
Sí	25	92,6
No	0	0
No sabe	2	7,4

Fuente. Elaboración propia

TABLA 9

Respuestas a la pregunta: ¿Te gustaba tu sala anterior? (solo podían entregar una respuesta)

Tipo de respuesta	Respuesta	Porcentaje %
Sí	14	51,9
No	11	40,7
No sabe	2	7,4

Fuente. Elaboración propia

TABLA 10

Respuestas a la pregunta: ¿Te gustaría volver a tu sala anterior?

Tipo de respuesta	Respuesta	Porcentaje %
Sí	2	11,1
No	16	59,3
No sabe	8	29,6

Fuente. Elaboración propia

La Tabla 11 muestra que al 67% del alumnado le gustaría contar con nuevos muebles y con repisas, además de tener una nueva distribución de sillas y mesas. El 13% aspira a una nueva iluminación y al 18% le agradaría incorporar vegetación en el aula. Cabe hacer notar que en el experimento de campo solo se organizó el mobiliario para captar mejor la luz artificial existente, y se cambiaron las luminarias defectuosas, pero no se modificó el tipo y ubicación de las luminarias. Finalmente, la Tabla 12 da cuenta de que a un 88,9% lo que más le gusta de su sala actual son los colores incorporados.

TABLA 11

Respuestas a la pregunta: Si pudieras mejorar tu sala de clases, ¿qué te gustaría que tuviera?

Opciones	Respuesta	Porcentaje %
Muebles y repisas	16	41
Nueva iluminación	5	13
Vegetación (plantas, flores)	7	18
Nueva distribución de sillas y mesas	10	26
Nada	1	2

Fuente. Elaboración propia

TABLA 12

Respuestas a la pregunta: ¿Qué es lo que más te gusta de tu sala actual?

Tipo de respuesta	Respuesta	Porcentaje %
El orden de las sillas	1	3,7
Los colores de la sala	24	88,9
La iluminación de la sala	2	7,4

Fuente. Elaboración propia

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La investigación reveló que (1) el color influye en el estímulo y mejoramiento del aprendizaje, incluso en el caso de colegios con condiciones presupuestarias desventajosas y que (2) un mejoramiento integral del aprendizaje requiere la intervención del conjunto de elementos estimulantes del ambiente educativo. Desde este punto de vista la hipótesis correlacional se verificó: la adecuada y pertinente combinación de colores complementarios, en cuanto a tonalidad, intensidad, saturación, tipo y tamaño de la superficie, proporciones y exposición a la luz, genera una positiva influencia energética sobre los niños al crear una atmósfera espacial y un campo visual que estimula y mejora el aprendizaje, en condiciones arquitectónicas, constructivas y presupuestarias desventajosas.

Como se mencionó más arriba, la mejora del aprendizaje es significativa desde el punto de vista de la satisfacción del/la estudiante. Tanto el aumento de la nota promedio en Matemática (0,3) y en Lenguaje (0,5), como la cantidad de estudiantes que mejoró su nota (71% en Matemática y 66% en Lenguaje) significan un aporte importante de la transformación de la sala de clases en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, el mejoramiento de las condiciones de entorno del aprendizaje debe considerar el conjunto de elementos que provocan diversos estímulos en el alumnado, para pretender un mejoramiento integral y consistente del desempeño escolar, por lo que el mejoramiento de la influencia del color/luz en el aprendizaje es una acción recomendable y necesaria que debe formar parte de un conjunto de acciones integradas: por ejemplo, mejoramiento de la acústica, del tipo de mobiliario, de los materiales del recinto, como también del modelo de aprendizaje. Pero sin desmedro de esa necesaria visión integral, la investigación ha podido demostrar dos aspectos muy importantes de la influencia de la sala de clases en el aprendizaje, que se sintetizan a continuación.

La adecuada y pertinente combinación de colores complementarios en el aula estimula y mejora el aprendizaje, en condiciones presupuestarias desventajosas.

La relevancia de los resultados se encuentra en haber logrado un mejoramiento del desempeño escolar en condiciones de estrechez presupuestaria, en un colegio de escasos recursos, con una intervención minimalista de un aula. Que se logren destacados resultados cuando se dispone de recursos suficientes para intervenir un edificio o para construir un edificio nuevo, es una experiencia bien conocida a nivel internacional. Pero lograrlo en una situación de restricción revela una gran oportunidad, considerando que más del 46% de los colegios del país poseen condiciones presupuestarias, de infraestructura y académicas similares a las del colegio estudiado.

En ese sentido, el experimento es concluyente en sí mismo y revela que intervenciones de este tipo podrían incorporarse en los planes de mejoramiento de las corporaciones educativas y en las políticas públicas en materia de calidad de educación. La arquitectura puede jugar un papel preponderante en el mejoramiento del aprendizaje de niños de estratos medios y medio bajos, a través de intervenciones puntuales de bajo costo, en edificios existentes. No se requiere necesariamente invertir en nuevos edificios con alto costo económico y ambiental.

Cabe añadir que se trata de intervenciones de mejoramiento que contribuyen con el objetivo de sostenibilidad, ya que no involucran demoliciones ni construcciones, sino el mejoramiento de recintos existentes. De todas maneras, los componentes químicos de la pintura utilizada; los requerimientos eventuales de nuevas luminarias y el material utilizado en un posible rediseño del mobiliario, deberán ser estudiados con acuciosidad para garantizar que no dañen el medio ambiente.

Si bien el mejoramiento de los resultados de aprendizajes, a través de la evaluación en controles de Matemática y Lenguaje, fue el objetivo de esta investigación, es importante destacar la *minimización de*

los conflictos interpersonales, señalada por las autoridades del Colegio. Claramente, una nueva investigación podrá medir también estos aspectos socio-relacionales, muy importantes en el proceso formativo escolar.

Un mejoramiento integral del aprendizaje requiere la intervención del conjunto de elementos estimulantes del ambiente educativo

Queda de manifiesto que al mantener bajo control solamente los criterios de iluminación y de reorganización del mobiliario, mejoraron los resultados de aprendizaje. El color, cumplió un rol importante en el mejoramiento del rendimiento escolar, pese a que la experimentación logró desarrollarse en un mes. Sin embargo, el hecho de que un 40,7% del alumnado prefiera la sala anterior o no sepa, revela que el mejoramiento de color y organización del mobiliario contribuye, pero no es suficiente. La Tabla 10 muestra que al 77% del alumnado le gustaría contar con nuevos muebles y con repisas, además de tener una nueva distribución de sillas y mesas. Para los efectos de medir la iluminación, las mesas no se modificaron sino solo se reordenaron. Pero se trata de un mobiliario antiguo y poco funcional para que puedan colocar sus útiles y cuadernos. Y la nueva distribución de sillas y mesas a la que aspira el 26% probablemente tiene que ver con que a varios estudiantes no les acomoda la agrupación de tres estudiantes y prefieren la agrupación en parejas.

Entonces, es evidente que incorporar las otras variables del ambiente escolar permitiría un impacto completo de la arquitectura sobre el proceso de aprendizaje. Ibachache (2016) revela la importancia del edificio en su conjunto para que el proceso de enseñanza-aprendizaje pueda alcanzar sus objetivos, lo que también demuestra Mejía (2011) indicando cómo *el tratamiento de los factores ambientales en la escuela* puede influir en los propósitos del proceso de enseñanza-aprendizaje. Al respecto, Lechner, McMullan y Burberry citados por Barret y Zhang (2012), destacan la influencia de los aspectos visuales, acústicos, térmicos y de calidad del aire.

Por su parte, Durán (2008) explica que, a través de las interacciones diarias con el ambiente físico y social, las personas aprenden acerca de su *lugar* en la sociedad y del valor que se les da, y describe que son los colegios, los lugares donde el estudiantado se siente seguro, valorado y considerado. En el terreno de la psicología ambiental se ha determinado que existen distintos factores que en los diferentes tipos de ambientes (residenciales, laborales, escolares, hospitalarios, carcelarios, etc.) propician el estrés y afectan de manera general la vida de las personas. En el caso de los ambientes escolares, los factores ambientales impactan en las y los estudiantes. Y si bien estos factores pueden contribuir al desarrollo y aprendizaje también pueden incrementar conductas e interacciones negativas y de estrés, principalmente, en niñas y niños de enseñanza básica. Todos estos factores se mantuvieron constantes para poder concentrarse en el color y en la relación del mobiliario con las luminarias existentes.

Por consiguiente, una intervención integral del recinto educativo deberá considerar, además del color y la luminancia sobre el plano de trabajo, aspectos visuales, acústicos, térmicos, de calidad del aire, de resonancia, ventilación, estructura dinámica, limpieza fácil, seguridad, entre otros. También, una nueva investigación orientada a conocer la posibilidad de una intervención integral, deberá incorporar una reflexión acerca de otras variables más subjetivas, pero no menos importantes: época del año, características del día (soleado, nublado), cantidad de alumna/os en sala, etc.

Sin embargo, esta intervención integral, en la línea de esta investigación deberá cumplir con el objetivo de *ser una intervención minimalista en condiciones de precariedad presupuestaria*, de modo de poder atender al 46% más desvalido de la población escolar chilena. Esta exigencia podría permitir investigar alternativas innovadoras para este tipo de escuelas como, por ejemplo, pintar las paredes con luz y no con pigmentos.

REFERENCIAS.

- Albé, M. (2015). *Scuola steineriana: 10 principi educativi della pedagogia Waldorf* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://bit.ly/2QyWfTv>
- Almeida, R. (1999). Tendencias y estrategias de diseño para establecimientos educacionales nuevos. *Boletín del proyecto Principal de Educación para América Latina y el Caribe*, (48), 73-87.
- Arias, M. (8 de junio 2016). Luz, Espacio y Colores: ¿Cómo debería ser la sala de clases ideal para el aprendizaje? *Elige Educar*. Recuperado de <https://bit.ly/33Eaprx>
- Baker, L. (2012). *The Impact of School Buildings on Student Health and Performance*. USA: University of California.
- Barkmann, C., Wessolowski, N., y Schulte, M. (2012). Applicability and efficacy of variable light in schools. *Physiology & Behavior*, 105(3), 621-627
- Barrett, P. y Zhang, Y. (2012) Teachers' views on the designs of their primary schools. *Intelligent Buildings International*, 4(2), 89-110. doi: <https://doi.org/10.1080/17508975.2012.672305>
- Broto, C. (2013). *Nueva arquitectura para la educación*. México: Links.
- Browning, W., Ryan, C. y Clancy, J. (2014). *14 patterns of biophilic design. Improving health & well-being in the built environment*. USA: Terrapin Bright Green, LLC. Recuperado de <https://bit.ly/2J5Omk1>
- Burrus, W.J. (2001). Adult Learning Environments: The Relationship of Light and Color in the Ambient Environment. *The Journal of Continuing Higher Education*, 49(3), 28-33.
- Calvillo, A. (2010). *Luz y emociones, estudio sobre la influencia de la iluminación urbana en las emociones; tomando como base el diseño emocional* (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Causse, J.G. (2014). *El asombroso poder de los colores*. París: El Ateneo.
- Cuervo, J.J. (2017). Le Corbusier y la noción de habitar en la arquitectura moderna. *Revista Electrónica de Arquitectura e Urbanismo/USJT*, 18, 85-103.
- Durán, V. (2008). School building condition, school attendance, and academic achievement in New York City public schools: A mediation model. *Journal of Environmental Psychology*, 28(3), 278-286.
- Egan, D. (2007). *Architectural Acoustics*. España: J. Ross Publishing.
- Embry, D. (1984). *The Persuasive Properties of Color*. USA: Marketing Communications.
- Engelbrecht, K. (2003). *The Impact of Color on Learning*. Chicago: Perkins & Will. Recuperado de <https://bit.ly/3biS5ad>
- Errázuriz, L.H. (2015). Calidad estética del entorno escolar: el (f)actor invisible. *Arte, Individuo y Sociedad*, 27(1), 81-100.
- Escuela Waldorf Meniñeiros (2019). *Pedagogía Waldorf 2015-2019*. Recuperado de <http://escuelawaldorf-lugo.org/pedagogia-waldorf-2015-19/>
- Evans, G. (2006). Child development and the physical environment. *Annual Review of Psychology*, 57, 423-451.
- Fernández, J. (2013). La dimensión humana de la arquitectura. Aprendiendo del Team 10. *Arquitectura y Urbanismo*, 34(1), 64-72.
- Figueroba, A. (s.f.). Método Montessori: sus 8 principios educativos. *Psicología y mente*. Recuperado de <https://psicologiaymente.com/desarrollo/metodo-montessori>
- Franco, J. (2016). *Cómo integrar los 12 principios de la permacultura en un proyecto de arquitectura (para hacerlo realmente sustentable)*. Recuperado de <https://bit.ly/2U5nK9h>
- Hernández, J., y García, C. (2011). *Accesibilidad universal y diseño para todos*. España: Fundación ONCE/Fundación Arquitectura COAM
- Heller, E. (2004). *Psicología de los colores. Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Ibachache, G. (2016). Consideraciones para el diseño de infraestructura escolar en enseñanza básica y media en el contexto educativo y chileno. *Ciudad y Arquitectura*, (153), 1-9. Recuperado de <https://bit.ly/2widPUS>

- Mao, Y. (2014). *Feng Shui y arquitectura occidental* (Tesis de Maestría). Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB), Universidad Politécnica de Catalunya, España.
- Mariscal, S., Giménez, M. y Carriedo, N. (2009). *El desarrollo psicológico a lo largo de la vida*. Madrid: Mcgraw-hill Interamericana de España.
- Mayorga, J. (2012). *Arquitectura y confort térmico. Teoría, cálculo y ejercicios*. España: Plaza y Valdés Editores.
- Meghani, A. (1 de julio de 2009). Color your world. *School Planning & Management*. Recuperado de <https://bit.ly/2x9SdtU>
- Mehta, R y Zhu, R. (2009). Blue or Red? Exploring the Effect of Color on Cognitive Task Performances. *Science*, 323(5918), 1226-1229. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1169144>
- Mejía, A. (2011). Estrés ambiental e impacto de los factores ambientales en la escuela. *Pampedia*, 7, 3-18.
- Ministerio de Educación (2015). *Plan Estratégico de Infraestructura Escolar. Fortaleciendo la Educación Pública*. Recuperado de <https://bibliotecadigital.mineduc.cl/handle/20.500.12365/4453>
- Ministerio de educación Pública (1937). *Ley N° 5.989, que autoriza al Presidente de la República para que suscriba acciones de la Sociedad Anónima denominada "Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos"*. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=257739>
- Ministerio de Educación Pública (1944). *Ley N° 7.869 que estableció la Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos*. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=257743>
- Ministerio de Educación Pública (1988). Decreto N° 548 - *Aprueba normas para la planta física de los locales educacionales que establecen las exigencias mínimas que deben cumplir los establecimientos reconocidos como cooperadores de la función educacional del estado, según el nivel y modalidad de la enseñanza que impartan*. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=14166>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (1992). *Decreto Supremo N° 47 - Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*. Recuperado de <https://bit.ly/2U868d1>
- Montenegro, E. (2016). Buena arquitectura, mejor educación. *Ciudad y Arquitectura*, (153),1-11. Recuperado de <https://bit.ly/2x9c5ND>
- Moore, D. (2016). Color in the Learning Environment. *School Planning & Management*. Recuperado de <https://wobspm.com/Articles/2016/07/01/Color.aspx>
- Muñoz, X. (2011). Iluminación en las aulas, optimizando el rendimiento escolar, *Revista EMB Construcción*. Recuperado de <https://bit.ly/2U5BXTG>
- Neufert, E., y Neufert, P. (2012). *Neufert Architects' Data* (4ª edición). USA: Wiley-Blackwell.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2003). La revista de la OCDE para la construcción y el equipamiento de la educación. *PEB Exchange*, 2(49), 1-39.
- Pallasma, J. (2012). *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses* (3ª edición). USA: John Wiley & Sons.
- Pattini, A. (2000). *Recomendaciones de niveles de iluminación en edificios no residenciales, una comparación internacional*. Mendoza, Argentina: Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales.
- Pimentel, J. (2015). Teorías de la luz y el color en la época de las Luces. De Newton a Goethe. *Arbor*, 191(775), a264. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2015.775n5003>
- REVEDUC. (2016). *Plan Estratégico de Infraestructura Escolar 2014 - 2018*. Recuperado de <http://www.revistadeeducacion.cl/plan-estrategico-de-infraestructura-escolar-2014-2018/>
- Segura, N. (2016). *Marketing del color ;Cómo influye el color del logotipo en la personalidad de una marca?* (Tesis de maestría). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Slegers, P.J.C., Moolenaar, N.M., Galetzka, M., Pruyn, A., Sarrouk, B.E., y Van der Zande, B. (2012). Lighting affects students' concentration positively: Findings from three Dutch Studies. *Lighting Res. Technol*, 45, 159-175.
- Soler, A. (18 de febrero de 2015). ¿Cómo es un aula Montessori? [Mensaje en un blog]. Pedagogía Montessori. Recuperado de <https://bit.ly/39dSSYE>

- Smith, T.J. (2013). Designing learning environments to promote student learning: Ergonomics in all but name. *Work*, 44, 39-60.
- Thermia Barcelona (s.f.). *Cómo la arquitectura puede mejorar nuestro bienestar en el hogar* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://thermiabarcelona.com/arquitectura-feliz-la-clave-del-bienestar/>
- Tiching. (2017). *9 ideas innovadoras para replantear la organización del espacio en tu aula* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://bit.ly/2J0fGjQ>
- Torres, C., Valdivia, S. y Atria, M. (2015). *Arquitectura escolar pública como patrimonio moderno en Chile. Registro y análisis de las obras construidas por la Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos en la zona centro del país. 1937-1960*. Santiago, Chile: FONDART / FAU Universidad de Chile / Docomomo Chile.
- UNESCO (1999). *Guía de diseño de espacios educativos*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación / UNESCO-OREALC / Ministerio de Obras Públicas. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000123168/PDF/123168spa.pdf.multi>
- Vera, C. (2017). *Color para el bienestar humano en la arquitectura*. (Tesis de Maestría). Universidad de Santiago de Chile, Chile.
- Vidal, R. (2015). Arquitectura para el aprendizaje en el siglo XXI. *Revista Arquitectura y Cultura*, (7), 4-7.
- Vidal, R. (2016). Arquitectura y bienestar sostenible. *Revista de Arquitectura y Cultura*, (8), 4-5.
- Vidal, R. y Rozas, C. (2017). La influencia de la arquitectura eclesial en la disminución de la práctica religiosa. *Revista A+C, Arquitectura y Cultura*, (z9), 86-108.
- Vitruvio, M. L. (2004). *De Architectura*. Madrid: Alianza Editorial.
- Zelanski, P y Fisher, M.P. (2001). *Color*. Madrid: Tursen-Hermann Blume.
- Zumthor, P. (2006). *Atmospheres* (5ª edición). Suiza: Birkhäuser Verlag/Architecture.

NOTAS

[1] El nombre del Colegio es ficticio para proteger su identidad.

CC BY-NC-ND