


EDITORIAL
BONAVENTURIANA


Ediciones
Unisalle

Comodidad ambiental en las aulas escolares
*Incidencia en la salud docente y en el rendimiento cognitivo de los
estudiantes en colegios públicos de Bogotá, Medellín y Cali*

Comodidad ambiental en las aulas escolares

Incidencia en la salud docente y en el rendimiento cognitivo de los estudiantes en colegios públicos de Bogotá, Medellín y Cali



UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA

UNIVERSIDAD DE
LASALLE

facultad de
arquitectura
y urbanismo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Autores

Carla María Zapata Rueda
Graciela Melisa Viegas
Gustavo Alberto San Juan
Helmuth Ramos Calonge
Jairo Alberto Coronado Ruiz
Jonathan Ochoa Villegas
Laura Rendón Gaviria
Laura Catalina Sarmiento Miranda
Lucas Arango Díaz
Luis Alberto Tafur Jiménez
Luz Magnolia Tilano Vega
Nataly Vanessa Echeverry Serna
Nelcy Echeverría Castro
Olga Lucía Montoya Flórez



El conocimiento
es de todos

Colciencias

2018

Universidad de San Buenaventura

Comodidad ambiental en las aulas escolares: incidencia en la salud docente y en el rendimiento cognitivo de los estudiantes en colegios públicos de Bogotá, Medellín y Cali / Carla María Zapata Rueda... [et al.]. --Medellín: Editorial Bonaventuriana; Cali: Editorial Bonaventuriana; Bogotá: Universidad de La Salle; Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata, 2018.
220 p. -- (Colección Señales)

Incluye referencias bibliográficas
ISBN: 978-958-8474-74-8

1. Aulas 2. Sistema educativo 3. Rendimiento académico 4. Construcciones escolares 5. Ambiente escolar 6. Comodidad

371.621 (CDD 23)
U588

Colección Señales

Comodidad ambiental en las aulas escolares: incidencia en la salud docente y en el rendimiento cognitivo de los estudiantes en colegios públicos de Bogotá, Medellín y Cali

Coeditores:

- © Universidad de San Buenaventura, Medellín
- © Universidad de San Buenaventura, Cali
- © Universidad de La Salle, Bogotá, D. C.
- © Universidad Nacional de La Plata, Argentina

© Autores: Carla María Zapata Rueda, Graciela Melisa Viegas, Gustavo Alberto San Juan, Helmuth Ramos Calonge, Jairo Alberto Coronado Ruiz, Jonathan Ochoa Villegas, Laura Rendón Gaviria, Laura Catalina Sarmiento Miranda, Lucas Arango Díaz, Luis Alberto Tafur Jiménez, Luz Magnolia Tilano Vega, Nataly Vanessa Echeverry Serna, Nelcy Echeverría Castro y Olga Lucía Montoya Flórez.

Grupos de investigación:

Universidad de San Buenaventura, Medellín, Salud Comportamental y Organizacional; Estudios Clínicos y Sociales en Psicología; Grupo de Investigación en Modelamiento y Simulación Computacional; Hombre, Proyecto y Ciudad
Universidad de San Buenaventura, Cali, Grupo de Arquitectura, Urbanismo y Estética
Universidad de La Salle, Bogotá, D. C., Habitec - Hábitat y Tecnología

© Editorial Bonaventuriana, 2018

Universidad de San Buenaventura, Medellín

Coordinación Editorial, Medellín

Carrera 56c #51-110 (Medellín)

Calle 45 #61-40 (Bello)

PBX: 57 (4) 5145600

editorial.bonaventuriana@usb.edu.co

www.usbmed.edu.co - www.editorialbonaventuriana.usb.edu.co

Coordinador editorial: Fraidy Alonso Alzate Pamplona, Universidad de San Buenaventura, Medellín

Coeditores: Claudio Valencia Estrada, Universidad de San Buenaventura, Cali, y Alfredo Morales Roa,

Universidad de La Salle, Bogotá, D. C.

Corrección de estilo: Sabina Ojeda

Diseño y diagramación: Diego Alejandro Soto C.

Impresión: DGP EDITORES S.A.S

Libro de investigación basado en el proyecto: Identificación de factores de desempeño ambiental (acústico, térmico y visual) determinantes de la salud de docentes y estudiantes de escuelas públicas de Bogotá, Medellín y Cali: línea base para el análisis de impacto de la política pública según la norma NTC 4595.

Convocatoria 744: para proyectos de ciencia, tecnología e innovación en salud – 2016. Colciencias.

Los contenidos de esta publicación se encuentran protegidos por las normas de derechos de autor. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio sin permiso escrito de la Editorial Bonaventuriana.

ISBN impreso: 978-958-8474-74-8

ISBN digital: 978-958-8474-75-5

Tiraje: 600 ejemplares

Cumplido el depósito legal (Ley 44 de 1993, Decreto 460 de 1995 y Decreto 358 del 2000)

Impreso en Colombia - Printed in Colombia

Diciembre del 2018

Contenido

Prólogo.....	11
Resumen	15
Introducción	17
Capítulo 1. El sistema educativo	23
El sistema educativo en Colombia	28
El sistema educativo en Bogotá	30
El sistema educativo en Medellín	32
El sistema educativo en Cali	34
Capítulo 2. Contexto histórico y normativo	39
Revisión histórica de los modelos de aulas públicas	41
El diseño de los colegios: Norma Técnica Colombiana 4595 (2000)	48
Normativa sobre la salud mental y la educación	54
Capítulo 3. Comodidad	59
Comodidad térmica.....	61
Modelos para determinar la comodidad térmica	
en los climas cálidos.....	62
Comodidad térmica en los colegios	64
Comodidad visual	66
Comodidad visual y nivel lumínico	68
Comodidad visual y deslumbramiento.....	70
Comodidad visual en las aulas y el rendimiento	
cognitivo de los estudiantes.....	71
Comodidad auditiva.....	73

Comodidad auditiva en los colegios	76
Capítulo 4. Aprendizaje y comodidad.....	79
El rendimiento cognitivo y los factores ambientales.....	85
Capítulo 5. Salud y comodidad.....	89
Afecciones mentales y físicas	92
Capítulo 6. Metodología operativa	97
Caracterización climática de las ciudades	100
Selección de los colegios por ciudad.....	103
Bogotá	104
Medellín	107
Cali.....	111
Definición de la muestra de estudiantes y docentes	114
Componentes del rendimiento cognitivo de los estudiantes	115
Indicadores de la salud mental de los docentes	116
Campañas para las mediciones ambientales en las aulas	117
Campañas de medición de los parámetros ambientales	119
Procedimiento estadístico del análisis de los resultados	122
Capítulo 7. Análisis comparado	125
Comodidad térmica.....	127
Condición climática a partir de las mediciones	127
Percepción de los niños sobre la sensación y la preferencia térmica	129
Análisis con el modelo adaptativo.....	133
Comodidad visual	135
Comodidad auditiva	138
Análisis comparado de los resultados 2017-2018.....	145
Rendimiento cognitivo estudiantil y comodidad	146
Salud docente y comodidad	154
Modelo 1: salud general.....	156
Modelo 2: estrés laboral.....	158
Modelo 3: agotamiento emocional	159
Capítulo 8. Discusión y recomendaciones a la norma.....	161
Factores de desempeño ambiental y rendimiento cognitivo de los estudiantes	163
Factores de desempeño ambiental y salud mental docente	165

Recomendaciones a la Norma Técnica Colombiana 4595.....	169
Capítulo 9. Conclusiones y consideraciones finales.....	175
Generales	177
Del diseño metodológico.....	178
De la Norma Técnica Colombiana 4595	180
Componente térmico	181
Componente visual	181
Componente auditivo	182
Referencias	185
Autores	211

Prólogo

El aula escolar debería ser un ejemplo arquitectónico de un alto nivel de comodidad, enfocado desde todas las variables objetivas y subjetivas que se puedan considerar. Se conoce que las buenas condiciones para estudiar tienen un impacto positivo en la autoestima de los alumnos y docentes; además, generan mayor interés en pasar más tiempo en la escuela.

En ese ámbito se produce —o se debería producir— el maravilloso proceso de crecimiento personal de los estudiantes y los docentes en los múltiples aspectos de la información, la formación y los valores. Como todo ambiente arquitectónico, debería brindar las mejores condiciones para que las tareas de aprender y enseñar sean exitosas y valorables.

El clima del aula tiene que facilitar el proceso educativo y contemplar la organización espacial y el equipamiento, el perfeccionamiento de las relaciones interpersonales, la programación de contenidos y el establecimiento de normas, entre otros aspectos. Todo esto con el objetivo de formar estudiantes analíticos, reflexivos, críticos y propositivos que construyan sus propios aprendizajes.

Si bien las premisas ambientales no son exclusivas ni excluyentes e involucran variables de disciplinas tales como la filosofía, la psicología, la sociología y la pedagogía, es la arquitectura con sus aspectos ambientales los que pueden condicionar —y, en algunos casos, determinar— que el proceso educativo sea significativo, sustancial y placentero.

En experiencias a lo largo de muchos años sobre el ambiente en aulas de diversos usos y condiciones del entorno, comprobé que algunas sociedades no prestan demasiada atención a estos factores, ni exigen una valoración adecuada del diseño y el rendimiento en la utilización de las escuelas y sus aulas. Estas sociedades todavía no evalúan el costo social derivado del bajo rendimiento que produce trabajar o estudiar en condiciones inadecuadas.

Encontré muchos ejemplos en los que el espacio del aula se torna insoportable, debido a condiciones térmicas con excesivo calor o frío; un inadecuado intercambio sonoro, causado por interferencias externas e internas; una iluminación excesiva o insuficiente, lo cual complica leer o escribir; aire insalubre, debido a un marcado déficit en su intercambio, sobre todo en invierno; o insalubridad derivada del uso de materiales perjudiciales en el mobiliario, entre otras causas.

El presente libro contiene un pormenorizado análisis de situación de los factores que influyen en el ambiente del aula, con la finalidad de aportar líneas de acción para las políticas públicas de tres ciudades capitales colombianas: Bogotá (departamento de Cundinamarca), Medellín (departamento de Antioquia) y Cali (departamento del Valle del Cauca). Se trata de lograr un amplio beneficio en el bienestar —entendido también como comodidad— de las comunidades educativas de las escuelas de estas ciudades.

En un completo desarrollo conceptual, tecnológico y crítico —basado en datos tomados de una variedad importante de casos estudiados—, se relacionan los aspectos de la salubridad que derivan del comportamiento adecuado del ambiente, en cuanto a sus condiciones térmicas, lumínicas y acústicas, con el rendimiento cognitivo de los estudiantes, como un modo de evaluar significativamente dichas condiciones. Asimismo, se aborda la problemática de la salud de los docentes, vinculada con la calidad y comodidad en las aulas.

Al comparar normas y recomendaciones específicas, así como al analizar los datos empíricos y los resultados de las encuestas y los cuestionarios realizados, nacen interesantes conclusiones sobre la comodidad visual, térmica y acústica en estudiantes y docentes. Estas se complementan con especificaciones que se deben considerar en el planeamiento y diseño de las aulas escolares y las políticas públicas.

Se logra tener una visión integral del acondicionamiento ambiental que implica considerar aspectos funcionales y técnicos, los cuales se deben integrar de manera armoniosa con elementos culturales, psicológicos y significativos para que toda la obra vaya hacia un fin: lograr el confort integral del ser humano que habita los espacios exteriores e interiores.

Considero que este trabajo es un importante avance en el camino del mejoramiento del bienestar de las personas que participan en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Tiene un alcance general en algunos casos y uno particular para

las condiciones climáticas, ambientales, constructivas, normativas, entre otras, de las ciudades de Bogotá, D. C., Medellín y Cali.

Dr. Arq. Guillermo Enrique Gonzalo
Tucumán, septiembre del 2018

Resumen

Diversos factores ambientales y de confort en el aula, como las condiciones lumínicas, térmicas y acústicas, pueden influir en el rendimiento cognitivo de los estudiantes y en la salud mental de los docentes. Aunque estos factores alteran la atención y el desarrollo de las actividades de aprendizaje e incrementan la fatiga y el estrés de los profesores, es infrecuente encontrar estudios que integren diferentes disciplinas para abordar y comprender de modo integral las implicaciones del confort en las aulas de educación básica. En el país, la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4595, sobre el planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares (Ministerio de Educación Nacional, 2006), establece las pautas para crear espacios educativos cómodos en los ámbitos visual, térmico y auditivo.

La investigación que soporta el presente libro se realizó con el apoyo del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). Para su desarrollo, se unieron varias áreas —como psicología, arquitectura e ingeniería de sonido— de las universidades de San Buenaventura (Medellín y Cali), La Salle (Bogotá, D. C.) y Nacional de La Plata (Argentina). El objetivo principal fue identificar los factores de desempeño ambiental (auditivos, térmicos y visuales) que determinan la salud mental de los docentes y estudiantes de escuelas de las tres capitales colombianas para analizar el impacto de la política pública, según la NTC 4595.

Se seleccionaron 58 aulas de catorce instituciones públicas distribuidas en las ciudades y se entrevistaron 1057 estudiantes y 298 docentes. El estudio fue de tipo descriptivo-correlacional, con herramientas y técnicas de observación en el terreno, y de registro de las mediciones con equipos especializados en diferentes momentos del año. Los análisis incluyeron métodos cualitativos y estadísticos de descripción, así como técnicas multivariadas paramétricas.

Con el estudio se observó que factores de confort visual y auditivo influyeron en el rendimiento cognitivo de los estudiantes, en especial en las pruebas de fluidez semántica y no semántica. También se evidenció que las condiciones térmicas tuvieron un efecto en el rendimiento cognitivo, en mayor medida en los hombres, de acuerdo con el clima de cada ciudad. Por otro lado, las pruebas de percepción en los docentes arrojaron factores de confort ambiental, en especial, auditivos, que son relevantes en su quehacer, sobre todo en los resultados de agotamiento emocional y en la labor.

A partir de los hallazgos, la norma requiere una revisión profunda de las recomendaciones de comodidad visual, térmica y auditiva, con base en las condiciones heterogéneas de las ciudades del país, las cuales son disímiles a las de otros contextos en situación estacional. Estas recomendaciones deben garantizar el confort de los estudiantes y los docentes, dado que ellos son los actores fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje del ambiente escolar.

Introducción

El rendimiento cognitivo de los estudiantes y la salud mental de los docentes se pueden ver afectados por diversos factores ambientales y de confort en el aula. Condiciones incómodas expresadas con altas o bajas temperaturas, poca luminosidad, altos contrastes o sonidos que dificultan la inteligibilidad del discurso y la conversación en la clase están presentes en el día a día de la labor docente y académica, lo cual altera la atención y el desarrollo de las actividades de aprendizaje e incrementa la fatiga y el estrés de los profesores. No obstante, pocos estudios integran diferentes disciplinas para abordar y comprender de modo integral las implicaciones del confort en las aulas de educación básica.

En la literatura especializada en la comodidad, los desarrollos desde las áreas que la abordan —como la arquitectura, la ingeniería, la psicología y la salud— se presentan, en la mayoría de los casos, de manera fragmentada, lo cual produce soluciones parciales que no impactan con fuerza en el problema. En Colombia no se encuentran investigaciones que relacionen los componentes del confort ambiental o sus contrarios (incómodidad o *disconfort*¹) e involucren tanto a los estudiantes como a los docentes, ni mediciones subjetivas u objetivas como herramientas de acceso a la explicación y comprensión de la problemática en las aulas escolares.

La NTC 4595 (Ministerio de Educación Nacional, 2006) establece las condiciones de diseño para las aulas (tipo de ambiente A); sin embargo, la norma es poco exigente, dado que no tiene un carácter obligatorio. Además, esta tiene

1 En algunos apartados se usa el concepto *disconfort*, el cual se tomó del inglés *discomfort*, pero no está adaptado oficialmente al castellano. Se refiere a lo contrario del confort, en relación con los rangos nacionales e internacionales. Por otro lado, el concepto *incómodidad*, a pesar de su uso generalizado, puede indicar malestar, pero no enmarcado en los rangos de confort preestablecidos.

dos versiones: años 2000 y 2006 (primera y segunda edición) y año 2015, las cuales brindan diferentes recomendaciones arquitectónicas para la comodidad visual, térmica y auditiva. En este trabajo, el análisis se centra en la primera versión, porque es la que lleva más tiempo de implementación y la que rige a los colegios del estudio.

Este libro es el resultado del proyecto de investigación *Identificación de factores de desempeño ambiental (acústico, térmico y visual) determinantes de la salud de docentes y estudiantes de escuelas públicas de Bogotá, Medellín y Cali*: línea base para el análisis de impacto de la política pública según la norma NTC 4595, el cual se presentó en la convocatoria 744 para proyectos de ciencia, tecnología e innovación en salud - 2016 de Colciencias, bajo la línea temática de salud ambiental. Se desarrolló gracias a la alianza de varios grupos de investigación en las áreas de arquitectura, acústica y psicología de las universidades de San Buenaventura (Medellín y Cali), La Salle (Bogotá, D. C.) y Nacional de La Plata (Argentina).

El objetivo general fue identificar los factores auditivos, térmicos y visuales que impactan en la salud mental y el rendimiento en atención y función ejecutiva de los estudiantes de quinto y sexto grado de instituciones públicas de Bogotá, D. C., Medellín y Cali en aulas construidas con los parámetros establecidos en la NTC 4595, como un acercamiento al análisis de impacto o cumplimiento de esta política pública.

Para esto, se llevó a cabo un estudio transversal de alcance explicativo, con un enfoque predominantemente empírico analítico, mediante el uso de técnicas mixtas. Se utilizaron herramientas para la toma de datos única o secuencial en dos momentos del año con diferentes climas en cada una de las ciudades. En el libro se incluyen los resultados de los análisis, apoyados en el uso de la estadística inferencial, de modo que se explique el valor predictivo de las variables de confort ambiental en la salud docente y el rendimiento cognitivo de los estudiantes.

Se ejecutó un muestreo probabilístico aleatorio por conglomerados en fases. Se eligieron las ciudades de Bogotá, D. C., Medellín y Cali porque representan los tres tipos de climas cobijados por la NTC 4595: 1) moderado, frío y templado, 2) cálido seco y 3) cálido húmedo. Luego, desde el punto de vista de la infraestructura, se escogieron catorce colegios oficiales construidos después del 2000 o con bloques o reformas sustanciales posteriores a ese año. Así, se garantizó que siguieran los parámetros arquitectónicos y de uso de la norma. Las aulas seleccionadas atendían a estudiantes cuyo momento de desarrollo estaba al final

de la segunda infancia o comienzos de la adolescencia, lo cual ayudó a disminuir los efectos de la edad en las funciones cognitivas; además, se excluyeron los niños con diferencias individuales que representaban una posibilidad de sesgo en el análisis de los resultados.

En total se evaluaron 1057 estudiantes con instrumentos de valoración psicológica y neuropsicológica validados en Colombia, los cuales tienen una adecuada consistencia que se evidencia en investigaciones. Profesionales idóneos aplicaron estas herramientas en un protocolo estructurado que siguieron los investigadores y auxiliares en las tres ciudades en diferentes momentos. Tras la depuración de los datos, se incluyeron 865 estudiantes en el análisis, con el fin de garantizar una mayor validez de los resultados. Además, se evaluó la mayor cantidad de docentes posible, sin aplicar criterios de exclusión, para tener una muestra representativa. En total, 298 profesores aceptaron participar. Los análisis incluyeron métodos cualitativos y estadísticos de descripción, así como técnicas multivariadas paramétricas con el sistema estadístico SPSS, versión veinticinco.

La investigación que soporta este libro se rigió por lineamientos éticos aprobados por el Comité de Bioética de la Universidad de San Buenaventura de Medellín. Se conservan las condiciones de confidencialidad de las personas evaluadas y de las instituciones educativas participantes. Además, se hacen públicos los créditos a Colciencias y a las universidades de San Buenaventura (Medellín y Cali), La Salle (Bogotá, D. C.) y Nacional de La Plata (Argentina), como financiadoras del estudio.

Los resultados de este abordaje dan un diagnóstico de la calidad auditiva y bioclimática de las aulas seleccionadas, del rendimiento en atención y función ejecutiva —en específico, la fluidez gráfica— de los estudiantes y de las dificultades de salud de los docentes relacionados con la calidad físico-espacial y ambiental de la infraestructura educativa. Se espera que a mediano y largo plazo los resultados aporten evidencias básicas para la implementación de la política pública y orienten el diseño de edificios escolares acordes con las condiciones de dichas ciudades y con las necesidades de la comunidad educativa, que sería la población directamente beneficiada.

Del primer al quinto capítulo se explica la parte teórica del estudio. En los dos primeros se presentan el sistema y las cifras del sector educativo. Además, a manera de contexto, en el segundo se despliegan las principales tipologías de la arquitectura escolar en Colombia a lo largo de la historia y se describen las normas que rigen el diseño de los colegios. En el tercer capítulo se exponen el

confort térmico, el visual y el auditivo, sus antecedentes teóricos y, en específico, sus desarrollos en las aulas.

En el cuarto y el quinto se hace referencia a la salud docente y al rendimiento cognitivo de los estudiantes en relación con el confort. Asimismo, se indican las condiciones ambientales vinculadas con el rendimiento de los estudiantes en cuanto al aprendizaje en general y a las implicaciones directas sobre los procesos de atención, memoria o resolución de problemas. También se expresa cómo la salud, el agotamiento emocional y el estrés laboral se pueden ver afectados por la percepción del impacto de las condiciones ambientales de los docentes.

La parte operativa de análisis y contrastación se plantea del sexto al noveno capítulo. En el sexto se presenta el diseño metodológico de la investigación por componentes: rendimiento cognitivo de los estudiantes, salud mental de los docentes y confort ambiental. Para cada uno se desarrollan variables, indicadores, modelos y campañas; también se explican los criterios para definir las muestras de estudiantes, docentes y colegios que constituyen los casos del estudio y la caracterización climática de las tres ciudades.

El análisis se expone en el séptimo capítulo desde los aspectos del confort en relación con las recomendaciones de la NTC 4595 y con los componentes del rendimiento de los estudiantes y la salud docente, los cuales evidencian las implicaciones que tienen las condiciones lumínicas y térmicas en los niños y adultos.

A partir de la NTC 4595, en el octavo se dan a conocer las conclusiones sobre la comodidad visual, térmica y auditiva, asociadas con los estudiantes y los docentes. También se desarrollan desde el planeamiento y diseño de las infraestructuras escolares y las políticas públicas.

Finalmente, en el noveno capítulo, se exponen las conclusiones y recomendaciones generales que cierran el estudio y ofrecen futuras líneas de continuidad y profundización.

En las ciudades de Bogotá, D. C., Medellín y Cali el proyecto fue posible gracias a la colaboración de la Secretaría de Educación del Distrito, la Secretaría de Educación de Medellín y la Secretaría Municipal de Cali, respectivamente. También fue importante el apoyo de las direcciones de construcción y conservación de los establecimientos educativos, y las áreas de planeación y diseño. Por otra parte, este proyecto no se hubiera podido desarrollar sin la colaboración

especial de los rectores, coordinadores, profesores, padres de familia y alumnos de las instituciones educativas abordadas.

De igual manera, fue indispensable el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y Transferencia (VRIT) de la Universidad de La Salle, de las direcciones de investigación de la Universidad de San Buenaventura en Medellín y Cali, y de las directivas de las facultades de Arquitectura, Psicología e Ingeniería de las universidades. Por último, se resalta el trabajo de los estudiantes de los pregrados vinculados al estudio como monitores y practicantes, y de los maestrandos con sus proyectos de investigación entre los años 2017 y 2018.

