

GEOGRAFÍA DE LA EDUCACIÓN: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ÁREAS VERDES Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO ACADÉMICO EN CHILLÁN, CHILE

Geography of education: Spatial distribution of green spaces and their connection to academic performance in Chillán, Chile

Rubén Ignacio Morales Loyola | Colegio San Agustín de Chillán | rubenmoralesloyola@gmail.com

RESUMEN: El presente estudio analiza la relación entre espacios verdes, organización institucional y resultados educativos en 60 establecimientos escolares de Chillán, Chile, mediante la construcción del Índice Integral de Desempeño Escolar y Espacios Educativos (IDEE). Utilizando un enfoque cuantitativo descriptivo-correlacional transversal, se integran cuatro dimensiones estandarizadas: Espacio Verde por Estudiante, Densidad Educativa, Desarrollo Académico y Desarrollo Socioemocional.

Los resultados revelan una distribución altamente inequitativa de espacios verdes (rango: 0,05-207,35 m²/estudiante), donde 40% de los establecimientos no alcanza el umbral mínimo internacional. Específicamente en este contexto, el análisis correlacional identifica una asociación negativa entre espacios verdes y rendimiento académico ($r = -0,524$), patrón que contrasta con literatura internacional pero no implica causalidad debido al diseño transversal del estudio. Esta asociación sugiere mediación por factores contextuales no controlados en sistemas educativos heterogéneos.

El Desarrollo Socioemocional emerge como el predictor más potente del desempeño integral ($r = 0,876$), explicando 77% de la varianza del IDEE. Los casos paradigmáticos evidencian el concepto de "compensación pedagógica": el Colegio Gabriela Mistral alcanza el máximo IDEE (13,64) con espacios verdes mínimos (0,51 m²/estudiante), mientras que el Liceo Agrícola presenta abundantes áreas verdes (207,35 m²/estudiante) pero rendimiento deficitario.

Las conclusiones sugieren que, en contextos educativos heterogéneos, factores institucionales no capturados pueden superar limitaciones infraestructurales, cuestionando la aplicabilidad universal de marcos teóricos desarrollados en sistemas homogéneos y proponiendo enfoques comprensivos para políticas educativas latinoamericanas.

PALABRAS CLAVES: Espacios verdes escolares – Rendimiento académico – Densidad educativa – Desarrollo socioemocional – Compensación pedagógica

SUMMARY: This study analyzes the relationship between green spaces, institutional organization, and educational outcomes in 60 schools in Chillán, Chile, through the construction of the Comprehensive School Performance and Educational Spaces Index (IDEE). Using a quantitative descriptive-correlational cross-sectional approach, four standardized dimensions are integrated: Green Space per Student, Educational Density, Academic Development, and Socio-emotional Development.

Results reveal a highly unequal distribution of green spaces (range: 0.05-207.35 m²/student), with 40% of schools falling below the international minimum threshold. Specifically in this context, correlational analysis identifies a negative association between green spaces and academic performance ($r = -0.524$), a pattern that contrasts with international literature but does not imply causality due to the study's cross-sectional design. This association suggests mediation by uncontrolled contextual factors in heterogeneous educational systems.

Socio-Emotional Development emerges as the most powerful predictor of comprehensive performance ($r = 0.876$), explaining 77% of IDEE variance. Paradigmatic cases demonstrate "pedagogical compensation": Gabriela Mistral School achieves the highest IDEE score (13.64) with minimal green spaces (0.51 m²/student), while Liceo Agrícola has abundant green areas (207.35 m²/student) but poor performance.

Findings suggest that, in heterogeneous educational contexts, unmeasured institutional factors can overcome infrastructural limitations, questioning the universal applicability of theoretical frameworks developed in homogeneous systems and proposing comprehensive approaches for Latin American educational policies.

KEY WORDS: Green spaces in schools – Academic performance – Educational density – Socio-emotional development – Pedagogical compensation

INTRODUCCIÓN

La relación entre el entorno físico educativo y los resultados académicos constituye una línea de investigación con raíces históricas profundas en el pensamiento pedagógico. Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) sostuvo que el niño es bueno por naturaleza y que su educación debe centrarse en el desarrollo de sus virtudes innatas a través del contacto directo con la naturaleza, alejándose de la artificialidad y la coacción de la educación tradicional (Rousseau, 1762/2011). Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827), influenciado por Rousseau, llevó estas ideas a la práctica educativa concreta, desarrollando una pedagogía basada en la intuición y la observación directa del entorno natural, integrando el trabajo manual con el aprendizaje intelectual en su innovador concepto de escuela-granja, donde el contacto con la naturaleza constituía el fundamento del desarrollo integral del niño (Pestalozzi, 1801/1987). Estas propuestas fueron consolidadas posteriormente por Friedrich Fröbel (1782-1852), quien fundó el primer *Kindergarten* o jardín de infancia (1840), estableciendo que los niños, como plantas de un jardín, requieren crecer en contacto permanente con la naturaleza y espacios al aire libre para su desarrollo armónico y espontáneo (Fröbel, 1826/1886).

En décadas recientes, este campo ha cobrado renovada relevancia, con estudios realizados principalmente en países desarrollados que documentan vínculos positivos entre espacios verdes escolares y el desarrollo cognitivo, bienestar socioemocional y rendimiento académico de los estudiantes (Dadvand et al., 2015; Jarvis et al., 2021; Wu et al., 2014). Sin embargo, esta evidencia se ha generado predominantemente en contextos educativos relativamente homogéneos, con infraestructura consolidada y recursos que permiten diseños experimentales controlados (Browning & Rigolon, 2019), planteando interrogantes críticos sobre su transferibilidad y validez universal en sistemas educativos caracterizados por marcadas heterogeneidades institucionales, disparidades socioeconómicas pronunciadas y configuraciones organizacionales diversas (Escueta et al., 2020).

La literatura actual presenta limitaciones conceptuales y metodológicas significativas para contextos latinoamericanos, donde la ausencia de marcos teóricos que consideren la interacción compleja entre factores espaciales, variables organizacionales, capacidades institucionales y mediaciones pedagógicas limita la comprensión de dinámicas educativas multidimensionales (Duarte et al., 2011; Murillo & Román, 2011). Los estudios previos han adoptado aproximaciones predominantemente unidimensionales que aíslan el efecto de los espacios verdes de otros factores institucionales relevantes como densidad educativa, prácticas pedagógicas, liderazgo educativo y capacidades de adaptación institucional (Browning & Rigolon, 2019; Markevych et al., 2017), variables que pueden actuar como mediadoras, moderadoras o compensadoras de los efectos de los entornos naturales sobre el aprendizaje. Esta limitación resulta particularmente crítica en sistemas educativos heterogéneos donde la capacidad de compensación pedagógica puede superar limitaciones infraestructurales, generando trayectorias de excelencia educativa independientes de las condiciones físicas disponibles (Davis et al., 2011; Yangambi, 2023).

El sistema educativo chileno, y específicamente el de la comuna de Chillán en la región del Ñuble, presentan condiciones particulares que justifican una aproximación investigativa contextualizada y metodológicamente situada. El modelo educativo mixto chileno incluye establecimientos municipales, particulares subvencionados y particulares pagados con características organizacionales, recursos, poblaciones estudiantiles y estrategias pedagógicas distintivas que configuran un ecosistema educativo de alta heterogeneidad. Chillán, con su carácter de ciudad intermedia regional y población escolar que abarca desde establecimientos rurales con amplios espacios naturales hasta instituciones urbanas con severas restricciones espaciales, ofrece un laboratorio natural para examinar cómo diferentes configuraciones de espacios verdes escolares interactúan con variables institucionales, capacidades organizacionales y mediaciones pedagógicas en la producción de resultados educativos diferenciales.

La presente investigación desarrolla un análisis multidimensional exploratorio de la relación entre espacios verdes, organización institucional y resultados educativos en 68 establecimientos escolares de la comuna de Chillán, adoptando una perspectiva teóricamente abierta que no presupone direccionalidades específicas en las asociaciones estudiadas. La construcción del *Índice Integral de Desempeño Escolar y Espacios Educativos* (IDEE), que integra cuatro dimensiones estandarizadas –disponibilidad de espacios verdes por estudiante, densidad educativa, desarrollo académico y desarrollo socioemocional–, constituye una innovación metodológica diseñada para capturar complejidades institucionales que escapan a enfoques unidimensionales y permite la identificación de configuraciones institucionales prototípicas que trascienden categorizaciones administrativas tradicionales.

Los objetivos específicos incluyen caracterizar la distribución de espacios verdes en establecimientos educacionales y su relación con variables institucionales; examinar las correlaciones multidimensionales entre disponibilidad de áreas verdes, organización educativa y resultados académico-socioemocionales; identificar configuraciones institucionales prototípicas y tipologías de desempeño integral; y analizar casos paradigmáticos que ilustren estrategias diferenciadas de aprovechamiento de recursos y posibles mecanismos de compensación pedagógica. El estudio adopta una perspectiva teóricamente exploratoria que permite tanto la confirmación como el cuestionamiento de marcos teóricos dominantes, reconociendo la posibilidad de que contextos educativos heterogéneos generen dinámicas que divergen de patrones identificados en sistemas más homogéneos.

La investigación se posiciona como una contribución a la geografía de la educación en contextos latinoamericanos, campo que requiere marcos teóricos y evidencia empírica que reconozcan las especificidades de sistemas educativos caracterizados por alta heterogeneidad institucional, disparidades de recursos y diversidad de estrategias de adaptación pedagógica que pueden generar múltiples trayectorias hacia la calidad educativa, independientemente de las limitaciones o abundancias infraestructurales.

DESARROLLO

Áreas verdes y su impacto en el rendimiento académico

La relación entre áreas verdes y rendimiento académico ha sido objeto de creciente interés científico en las últimas décadas. Investigaciones han aportado evidencia sólida sobre esta vinculación, superando las observaciones anecdóticas iniciales y estableciendo bases empíricas que soportan la hipótesis de que los entornos naturales potencian el desempeño cognitivo y académico de los estudiantes (Berman et al., 2008; Browning & Rigolon, 2019; Dadvand et al., 2015; Jimenez et al., 2023; Kuo et al., 2019; Matsuoka, 2010; Wu et al., 2014).

Un estudio realizado en *Barcelona* con más de 2.500 niños de 36 escuelas primarias demostró una relación directa entre la presencia de vegetación y el rendimiento escolar. Los investigadores, utilizando el *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada* (NDVI), midieron la memoria de trabajo y la capacidad de atención de los estudiantes, concluyendo que aquellos con mayor exposición a entornos verdes presentaban mejores resultados (Dadvand et al., 2015).

Este hallazgo coincide con otra investigación desarrollada en *Massachusetts*, donde se analizaron 905 escuelas primarias públicas, constatando que los estudiantes con mayor presencia de áreas verdes en su entorno obtuvieron puntuaciones más elevadas en pruebas estandarizadas de inglés y matemáticas. Significativamente, los autores concluyeron que "*el verdor que hay alrededor tiene efectos aproximadamente iguales en el rendimiento académico de los estudiantes, independientemente de la situación financiera o el género*" (Wu et al., 2014).

Estudios más recientes han aportado mayor comprensión sobre los mecanismos neuropsicológicos subyacentes. Ross Cameron (2015) indica la existencia de varias teorías sobre cómo los entornos verdes mejoran el desarrollo cognitivo: "*los entornos en sí son más estimulantes,*

y los niveles de atención generales se pueden mejorar, o los estudiantes pueden sentirse más relajados y cómodos, así que prestan más atención a sus estudios".

Wells (2000) indica que la cercanía y exposición diaria a entornos naturales aumenta la capacidad cognitiva en los niños. Complementariamente, según Gareca y Villarpando (2017) en el 2005 el *American Institutes for Research* reportó que el rendimiento académico se eleva cuando los estudiantes utilizan aulas al aire libre o están en contacto con la naturaleza, particularmente en materias como artes, lenguaje, ciencias, estudios sociales y matemáticas, con mejoras documentadas de hasta 27% en pruebas de ciencias.

Un estudio australiano en *Melbourne* examinó la exposición a vegetación y tráfico en alrededor de 851 escuelas primarias, analizando su asociación con los puntajes NAPLAN. Los investigadores descubrieron diferencias significativas de aproximadamente 20 puntos en lectura para quinto grado entre escuelas con altos y bajos niveles de vegetación en un radio de 300 metros, mientras que los niveles altos de contaminación se asociaron con puntajes aproximadamente 16 puntos más bajos (Claesen et al., 2021).

La *Universidad de Columbia Británica* ha realizado investigaciones que demuestran que vivir en áreas rodeadas de espacios verdes proporciona ventajas adicionales en el desarrollo infantil. Su estudio analizó a 27.372 niños en *Vancouver*, calculando la cantidad de espacio verde alrededor de cada hogar desde el nacimiento hasta los cinco años. Los resultados mostraron que los niños en entornos con más vegetación y naturaleza presentaban mejor desarrollo general, incluyendo habilidades lingüísticas, capacidad cognitiva y socialización (Jarvis et al., 2021).

UNICEF ha documentado múltiples beneficios de los espacios verdes para el desarrollo infantil, señalando que "*un simple paseo por el parque puede mejorar la capacidad de concentración del niño o niña; las vistas verdes fuera de las ventanas de la escuela se correlacionan con un mejor rendimiento académico*" (Sugar, 2021, p. 4). Esta exposición al entorno natural mejora el rendimiento académico y contribuye a que los niños crezcan menos estresados, menos deprimidos y generalmente más sanos y felices.

Se ha observado que las áreas verdes contribuyen a mitigar problemas como el Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Se sugiere que los niños con TDAH que juegan regularmente en entornos verdes naturales (con árboles y césped) presentan síntomas más leves que aquellos que juegan en espacios interiores o en entornos construidos, independientemente del nivel socioeconómico familiar (Faber & Kuo, 2011).

Modelo explicativo

La *Teoría de la Restauración de la Atención* (TRA), propuesta por Berman et al. (2008) del departamento de psicología de la *Universidad de Michigan*, sostienen que existen dos tipos de atención: la dirigida, que es fatigable y se usa en trabajos que requieren concentración, y la involuntaria, captada automáticamente por elementos interesantes. Los entornos naturales promueven la atención involuntaria, permitiendo que la atención dirigida descance y se restaure, mejorando así la capacidad cognitiva global.

La efectividad de los espacios verdes en el desarrollo cognitivo depende no solo de su disponibilidad, sino de la calidad y frecuencia de la interacción. Los hallazgos de Dadvand et al. (2015) demuestran que la exposición regular a vegetación en la etapa escolar mejora la memoria de trabajo y capacidad de atención, mientras que Wu et al. (2014) confirman que el 'verdor' del entorno tiene efectos medibles en el rendimiento académico independientemente de factores socioeconómicos. Esta evidencia sugiere una relación dosis-respuesta donde la intensidad y sistematicidad de la interacción con espacios naturales determina la magnitud de los beneficios cognitivos (Kaplan, 1995).

La investigación sobre restauración psicológica ha demostrado que mientras más natural sea percibido el espacio verde, mayor sería la sensación de bienestar, y mayor el aporte a la reducción de estrés (Martínez et al., 2014). La evidencia disponible indica que el tiempo en ambientes naturales contribuye a la restauración de la atención y cataliza la recuperación de la fatiga mental, mejorando los niveles de atención y concentración (Kaplan, 1995). Así, se establece una relación entre la exposición a entornos naturales y funciones cognitivas específicas que son fundamentales para el rendimiento académico.

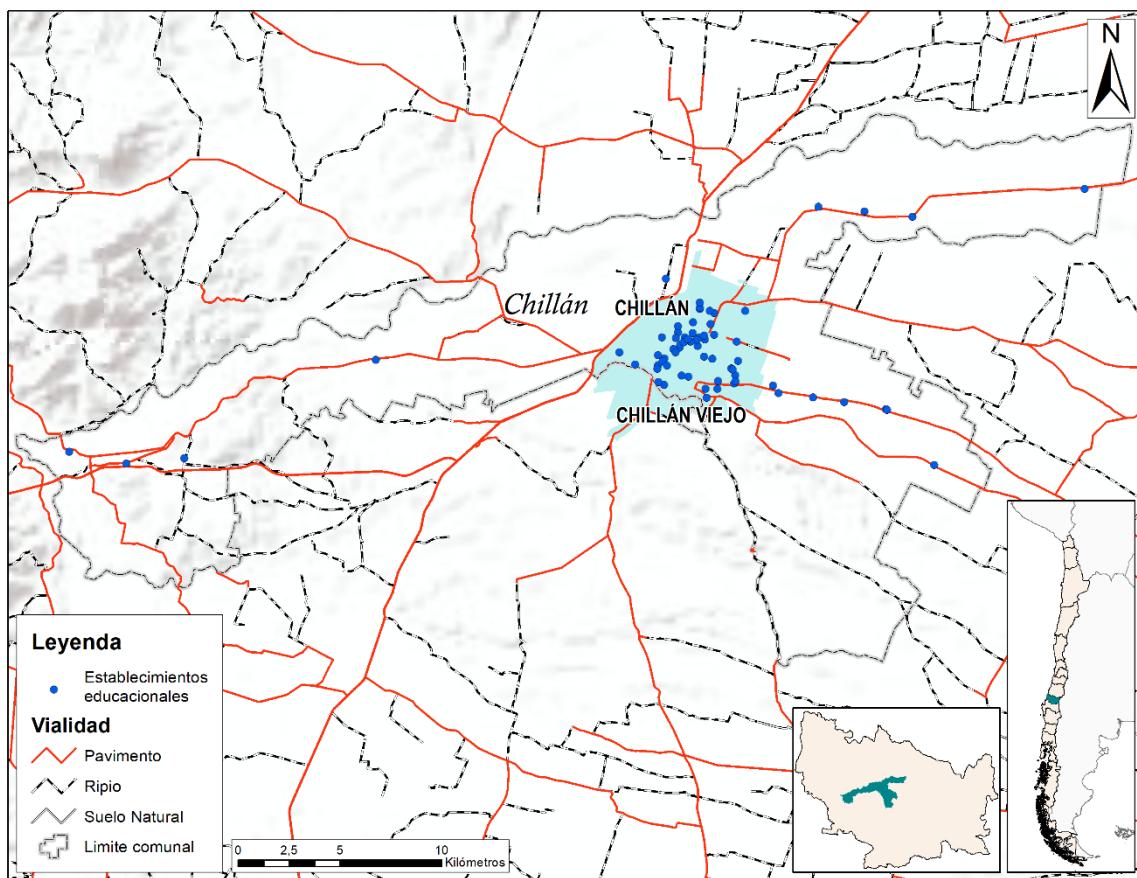
METODOLOGÍA

Diseño metodológico

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, descriptivo-correlacional con diseño no experimental transversal. Se analiza la relación entre espacios verdes, organización institucional y resultados educativos en establecimientos escolares de la comuna de *Chillán*, mediante la construcción de un índice multidimensional.

Población y muestra

La población comprende la totalidad de establecimientos educacionales de la comuna de *Chillán*. Se trabajó con una muestra no probabilística por accesibilidad que incluye 68 establecimientos educativos de diversas dependencias administrativas (municipal, particular subvencionado y particular), que representan aproximadamente el 85% del universo total de centros educativos de la comuna.



Mapa 1: Ubicación espacial de los establecimientos educacionales estudiados.

De los 68 establecimientos iniciales, se excluyeron 8 (11,7%) que no disponían de datos de rendimiento académico SIMCE, resultando en una muestra final de N=60 establecimientos para el análisis del Índice Integral de Desempeño Escolar y Espacios Educativos (IDEE).

Variables y dimensiones de análisis

El estudio contempla cuatro dimensiones principales que fueron integradas en un índice compuesto denominado *Índice Integral de Desempeño Escolar y Espacios Educativos* (IDEE). Estas dimensiones son:

- a) Espacio Verde por Estudiante (EV).

Variable continua que cuantifica la disponibilidad de áreas verdes por alumno en cada establecimiento educativo. Su definición operacional es *metros cuadrados de áreas verdes disponibles por cada estudiante matriculado*.

$$\text{Fórmula de cálculo: } EV = \frac{\text{Superficie total de espacios verdes (m}^2\text{)}}{\text{Número total de estudiantes matriculados}}$$

Las mediciones de superficie fueron realizadas a partir de imágenes satelitales calibradas y verificadas mediante observación directa. Para los establecimientos analizados, el rango observado oscila entre 0,01 y 422 m²/estudiante, con una media de 24,31 m² y una desviación estándar de 47,01 m².

- b) Densidad Educativa (DE).

Variable compuesta que refleja la relación entre la capacidad organizacional y la población estudiantil atendida. Su definición operacional es: Índice que integra la ratio alumno/docente y la ratio curso/docente en cada establecimiento.

$$\text{Fórmula de cálculo: } DE = (R_{A/D} + R_{C/D})/2$$

Donde:

- $R_{A/D}$ = Ratio alumno/docente.
- $R_{C/D}$ = Ratio curso/docente.

Para los establecimientos analizados, el rango observado de DE oscila entre 1,36 y 9,95 puntos, con una media de 5,09 y una desviación estándar de 2,4.

- c) Desarrollo Académico (DA)

Variable compuesta que mide el rendimiento académico a través de pruebas estandarizadas nacionales. Su definición operacional: Promedio ponderado de los resultados en las pruebas SIMCE (Sistema de Medición de la Calidad de la Educación, 2023) de Lenguaje y Matemática, aplicadas en niveles de educación básica y media.

$$\text{Fórmula de cálculo: } DA = (P_B + P_M)/2$$

Donde:

- P_B = Promedio de puntajes SIMCE en Lenguaje y Matemática para educación básica.
- P_M = Promedio de puntajes SIMCE en Lenguaje y Matemática para educación media.

Para establecimientos que imparten un único nivel educativo, solo se considera el promedio correspondiente. El rango observado de DA en la muestra oscila entre 192 y 303 puntos, con una media de 254,2 y una desviación estándar de 26,5.

d) Desarrollo Socioemocional (DS)

Variable compuesta que mide aspectos del bienestar socioemocional de los estudiantes. Su definición operacional: Promedio ponderado de indicadores de autoestima académica, clima de convivencia escolar, hábitos de vida saludable y participación y formación ciudadana, medidos mediante instrumentos estandarizados complementarios al SIMCE.

$$\text{Fórmula de cálculo: } DS = (DS_B + DS_M)/2$$

Donde:

- DS_B = Promedio de indicadores socioemocionales para educación básica.
- DS_M = Promedio de indicadores socioemocionales para educación media.

Para establecimientos que imparten un único nivel educativo, solo se considera el promedio correspondiente. El rango observado de DS oscila entre 64 y 86,63 puntos, con una media de 75,42 y una desviación estándar de 5,12.

Índice Integral de Desempeño Escolar y Espacios Educativos (IDEE)

La construcción del IDEE reformulado implementa la estandarización de variables como estrategia metodológica esencial. Esta decisión se fundamenta en principios estadísticos y metodológicos validados en la literatura científica sobre construcción de índices compuestos.

De los 68 establecimientos educacionales inicialmente considerados, se identificaron 8 instituciones (11,7%) que no disponían de datos de rendimiento académico SIMCE válidos, presentando valores faltantes que comprometían la integridad del análisis multidimensional. Estos establecimientos fueron sistemáticamente excluidos del cálculo del IDEE para garantizar la validez estadística de los resultados, resultando en una muestra final de N=60 establecimientos para el análisis integral.

Los establecimientos excluidos permiten eliminar el sesgo introducido por la codificación artificial de datos faltantes y permite correlaciones genuinas entre las dimensiones constitutivas del índice.

La estandarización resuelve problemas fundamentales en la construcción de índices multidimensionales identificados en el análisis descriptivo:

- *Elimina la distorsión por escalas heterogéneas:* Las cuatro dimensiones del IDEE presentan rangos y magnitudes naturalmente incomparables. Mientras EV oscila entre 0,01 y 207,35 m²/estudiante en la muestra depurada (amplitud de 207,34 unidades), DS varía entre 64 y 86,63 puntos (amplitud de 22,63 unidades), y DA presenta un rango de 192,5 a 303 puntos. Sin estandarización, esta disparidad provocaría que variables con mayor varianza dominen matemáticamente el índice compuesto, independientemente de su ponderación conceptual.
- *Controla la influencia de valores extremos:* La presencia de valores atípicos como el Liceo Bicentenario de Excelencia Agrícola de Chillán-Cato (207,35 m²/estudiante de EV) y la Escuela Antonio Machado (123,9 m²/estudiante) distorsiona severamente cualquier cálculo directo. La estandarización mitiga este efecto al convertir todos los valores a una escala común donde las posiciones relativas se preservan, pero las magnitudes absolutas se normalizan.
- *Habilita interpretaciones posicionales rigurosas:* Las puntuaciones Z resultantes expresan cada valor en términos de distancia respecto a la media de la muestra depurada (N=60), medida en unidades de desviación estándar, facilitando interpretaciones.

Procedimiento de estandarización

La transformación a puntuaciones z se implementó siguiendo la fórmula:

$$Z_i = (X_i - \mu)/\sigma$$

Donde:

- Z_i = Puntuación estandarizada del componente i .
- X_i = Valor original del componente i .
- μ = Media aritmética del componente i en la muestra.
- σ = Desviación estándar del componente i en la muestra.

Para cada establecimiento y cada dimensión, se calculó su puntuación Z correspondiente. Esta transformación posee propiedades matemáticas rigurosas:

- Conserva la forma de la distribución original.
- Preserva las posiciones relativas (rankings) entre establecimientos.
- Mantiene las correlaciones originales entre variables.
- Genera una nueva distribución con media aritmética exactamente igual a 0.
- Produce una distribución con desviación estándar exactamente igual a 1

El IDEE se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IDEE = (EV_Z \times 0,3) + (DE_Z \times 0,2) + (DA_Z \times 0,3) + (DS_Z \times 0,2)$$

Donde:

- EV_Z = Puntuación Z del Espacio Verde por Estudiante.
- DE_Z = Puntuación Z de la Densidad Educativa.
- DA_Z = Puntuación Z del Desarrollo Académico.
- DS_Z = Puntuación Z del Desarrollo Socioemocional.

Las ponderaciones asignadas (0,3; 0,2; 0,3; 0,2) representan un juicio de valor explícito sobre la importancia relativa de cada dimensión en el constructo teórico que representa el IDEE. Estas ponderaciones otorgan mayor peso a las dimensiones de espacio verde y desarrollo académico (30% cada una), seguidas por densidad educativa y desarrollo socioemocional (20% cada una).

Distribución del IDEE en la muestra depurada

El análisis de la muestra final ($N=60$) revela una distribución del IDEE con las siguientes características:

- *Rango:* 9,48 a 13,64 puntos.
- *Media:* 11,42 puntos.
- *Desviación estándar:* 0,86 puntos.
- *Distribución:* Aproximadamente normal con ligera asimetría negativa.

Clasificación por cuartiles

Para facilitar la interpretación, los 60 establecimientos fueron clasificados en cuartiles según su puntuación IDEE:

Cuartil	Rango IDEE	n	%	Características Dominantes
Q4 (Superior)	12,25 - 13,64	15	25,4%	Excelencia multidimensional o compensación pedagógica destacada
Q3 (Medio-alto)	11,65 - 12,24	15	25,4%	Competencias institucionales sólidas con oportunidades específicas
Q2 (Medio-bajo)	11,07 - 11,64	15	25,4%	Desempeño estándar, equilibrio moderado entre dimensiones
Q1 (Inferior)	9,48 - 11,06	15	25,4%	Déficits multidimensionales, requieren intervención integral

Cálculo de correlaciones

Las correlaciones se calcularon utilizando la fórmula de correlación de Pearson:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde:

- x_i, y_i = valores individuales de las variables X e Y.
- \bar{x}, \bar{y} = medias aritméticas de las variables X e Y.
- n = tamaño muestral (60 establecimientos).

Muestra final: N = 60 establecimientos educacionales de Chillán con datos completos en todas las dimensiones del IDEE (EV, DE, DA, DS, IDEE).

Anomalías identificadas:

- *Liceo Bicentenario de Excelencia Agrícola*: EV = 207,35 m²/estudiante
- *Escuela Antonio Machado*: EV = 123,9 m²/estudiante

RESULTADOS

Indicadores de análisis

Espacio Verde por Estudiante (EV)

El Espacio Verde por Estudiante (EV) es una variable en el cálculo del *Índice Integral de Desempeño Escolar* (IDEE). Representa la cantidad de metros cuadrados de áreas verdes disponibles por cada estudiante en un establecimiento educativo, que en el caso de este estudio también considera espacios libres. Para calcularlo, se divide la superficie total de espacios verdes entre el número total de estudiantes matriculados. Este valor refleja la proporción de área verde asignada a cada alumno y permite evaluar la calidad ambiental del entorno escolar.

Tabla 1: Variabilidad en Espacio Verde (EV).

Establecimiento	Área Total (m ²)	Espacio Verde (m ²)	Estudiantes	EV (m ² /Est.)
Escuela María Amalia Saavedra Martínez	5.265	2.641	108	24,45
Colegio Concepción de Chillán	41.844	30.959	2.623	11,80
Escuela Básica Las Canoas	5.961	1.375	203	6,77
Colegio De La Purísima Concepción	6.953	580	981	0,59
Instituto Santa María	9.453	2.118	1.580	1,34
Liceo Martín Ruiz de Gamboa	6.925	2.990	96	31,15
Liceo Bicentenario Marta Brunet Cárvares	17.295	10.902	839	12,99
Colegio Gabriela Mistral	1.876	170	334	0,51
Colegio Coyam	2.220	638	621	1,03
Escuela Básica El Tejar	9.406	4.614	138	33,43
Colegio Creación Chillán	2.880	487	626	0,78
Liceo Polivalente Marta Colvin Andrade	5.503	1.521	225	6,76
Colegio Alcázares De Ñuble	12.362	8.605	764	11,26
Escuela Antonio Machado	13.483	11.151	90	123,90
Escuela Ramón Vinay Sepúlveda	5.130	616	360	1,71

Establecimiento	Área Total (m ²)	Espacio Verde (m ²)	Estudiantes	EV (m ² /Est.)
Colegio Sydney College	12.435	7.729	1.052	7,35
Colegio San Buenaventura	3.502	322	698	0,46
Colegio Altazor	6.047	4.008	510	7,86
Colegio Polivalente Darío Salas	14.692	1.701	221	7,70
Colegio Adventista De Chile	9.966	5.372	685	7,84
Colegio Darío Salas	1.411	993	788	1,26
Colegio Chillán	2.246	39	798	0,05
Escuela República De México	7.324	2.354	803	2,93
Escuela Especial de Lenguaje/Escuela Básica My College	9.751	6.727	1.103	6,10
Colegio Parroquial San José	6.886	2.873	306	9,39
Escuela Evangélica Beth-El	3.941	1.450	386	3,76
Escuela Básica Juan Madrid Azola	9.012	4.296	305	14,08
Liceo República De Italia Arturo Bonometti Brogi	4.041	880	633	1,39
Escuela Básica Quinchamalí	4.311	1.601	200	8,01
Colegio Ciudad Educativa	15.387	9.168	933	9,83
Escuela Particular Hispano Americano	2.536	235	743	0,32
Liceo Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme	6.522	1.137	340	3,34
Instituto Técnico Mabel Condemarín Grimberg	2.398	1.366	390	3,50
Escuela Arturo Merino Benítez	3.488	1.157	232	4,99
Escuela Los Jardines De Lautaro	4.175	2.973	94	31,63
Escuela Básica Colliguay	9.180	8.257	35	235,91
Colegio Seminario Padre Alberto Hurtado	67.553	52.758	2.136	24,70
Colegio San Fernando	5.784	1.345	1.567	0,86
Sebastian School	4.532	198	1.214	0,16
Colegio Bicentenario Padre Alberto Hurtado	5.083	2.383	1.168	2,04
Colegio Hispano Americano Rio Viejo	15.747	9.504	1.070	8,88
Colegio San Vicente De Paul	3.556	880	1.006	0,87
Instituto Superior de Comercio Profesor Fernando Pérez Becerra	11.191	6.478	754	8,59
Liceo Narciso Tondreau	15.932	9.855	753	13,09
Colegio Bicentenario Enrique Salinas Buscovich	4.928	1.418	623	2,28
Escuela Particular Adventista	864	7	590	0,01
Colegio Alturas De Chillán	12.684	8.442	586	14,41
Colegio Particular Evangélico Betania	2.974	740	575	1,29
Colegio Sagrado Corazón De Jesús	3.947	705	536	1,32
Escuela Básica Reyes De España	3.676	1.224	490	2,50
Escuela Particular Las Mariposas	3.407	1.950	434	4,49
Instituto Industrial Superior De Chillán	19.962	12.662	415	30,51
Colegio Antamaro	2.796	619	372	1,66
Colegio Da Vinci	1.610	5	340	0,01
Liceo Bicentenario de Excelencia Agrícola de Chillán – Cato	67.347	59.303	286	207,35
Escuela Palestina	2.628	556	205	2,71
Escuela Básica Rosita O'Higgins Riquelme	5.131	2.422	199	12,17
Esc. Básica Arturo Mutizabal Sotomayor	2.872	516	182	2,84
Colegio Santa Isabel Chillán	4.329	1.846	179	10,31
Escuela Básica José María Caro Rodríguez	2.997	935	173	5,40
Escuela Básica Quilamapu	2.144	536	129	4,16
Escuela Básica Capilla Cox	4.900	3.648	123	29,66
Escuela 27 De Abril	5.934	3.236	110	29,42
Escuela Gabriela Mistral	3.298	993	109	9,11
Escuela Básica La Castilla	6.449	2.811	94	29,90
Escuela Camilo Henríquez	3.658	2.174	88	24,70
Escuela Paul Harris	3.994	3.234	40	80,85
Escuela Básica Confluencia	4.460	3.641	27	134,85

Los resultados revelan una distribución altamente heterogénea de espacios verdes por estudiante, con un rango que oscila entre 0,01 y 235,91 m²/estudiante. Es importante señalar que esta medición corresponde a espacio libre según imágenes satelitales, no específicamente a áreas verdes en sentido estricto, lo que incluye patios, canchas pavimentadas y otros espacios no construidos que pueden carecer de vegetación.

Mientras algunos centros educativos como la *Escuela Básica Colliguay* (235,91 m²/estudiante), el *Liceo Bicentenario Agrícola* (207,35 m²/estudiante) y la *Escuela Básica Confluencia* (134,85 m²/estudiante) presentan valores excepcionalmente altos, otros como el *Colegio Chillán* (0,05 m²/estudiante), el *Colegio Da Vinci* (0,01 m²/estudiante) y la *Escuela Particular Adventista* (0,01 m²/estudiante) muestran índices críticamente bajos. Esta brecha, donde aproximadamente el 40% de los establecimientos analizados no alcanza los 3 m²/estudiante, como umbral, muestra disparidades asociadas a factores como la antigüedad de la infraestructura, ubicación geográfica y prioridades institucionales en la planificación de espacios educativos.

El análisis evidencia un patrón geográfico y tipológico claro: los valores más altos se concentran en establecimientos rurales o de baja matrícula, como la *Escuela Básica Colliguay* (235,91 m²/estudiante, 35 alumnos), el *Liceo Bicentenario Agrícola* (207,35 m²/estudiante, 286 alumnos) y la *Escuela Básica Confluencia* (134,85 m²/estudiante, 27 alumnos). En contraste, los valores más bajos corresponden a establecimientos urbanos de alta matrícula: *Colegio Chillán* (0,05 m²/estudiante, 798 alumnos), *Colegio Da Vinci* (0,01 m²/estudiante, 340 alumnos) y *Escuela Particular Adventista* (0,01 m²/estudiante, 590 alumnos).

Esta distribución refleja restricciones urbanas de disponibilidad de suelo, economías de escala en establecimientos grandes, y diferencias en modelos educativos (el caso agrícola requiere naturalmente más espacio). Aproximadamente el 40% de los establecimientos presenta menos de 3 m²/estudiante, sugiriendo limitaciones significativas de espacio libre en el contexto urbano de Chillán. La variabilidad observada responde principalmente a factores estructurales del sistema educativo chileno: ubicación geográfica, tamaño institucional, y disponibilidad de terrenos, más que a decisiones pedagógicas sobre la importancia de los espacios naturales para el aprendizaje.

Densidad Educativa (DE)

La *Densidad Educativa* (DE) es un indicador que mide la relación entre el número de estudiantes y docentes, así como la cantidad de cursos asignados por docente en un establecimiento educativo. Este índice permite ajustar la densidad educativa del entorno escolar, lo que facilita comparaciones equitativas entre establecimientos con diferentes características. Esta variabilidad refleja diferencias estructurales y contextuales significativas que influyen tanto en la organización institucional como en la calidad educativa.

Tabla 2: Densidad Educativa (DE).

Establecimientos	Niveles	Alumnos Matriculados	Promedio de Alumnos por Curso	Cantidad de Docentes	Ratio Alumno/Docente	Ratio Curso/Docente	DE
Escuela María Amalia Saavedra Martínez	Pre-kinder - 8º básico	108	10	22	4,9	0,5	2,7
Colegio Concepción de Chillán	Pre-kinder - 4º medio	2.623	39	150	17,5	0,3	8,9
Escuela Básica Las Canoas	Pre-kinder - 8º básico	203	20	30	6,8	0,7	3,7
Colegio De La Purísima Concepción	Pre-kinder - 4º medio	981	36	68	14,4	0,5	7,5
Instituto Santa María	Pre-kinder - 4º medio	1.580	37	101	15,6	0,4	8,0
Liceo Martín Ruiz de Gamboa	1º medio - 4º medio	96	9	26	3,7	0,3	2,0
Liceo Bicentenario Marta Brunet Cárvares	7º básico - 4º medio	839	27	92	9,1	0,3	4,7
Colegio Gabriela Mistral	1º básico - 4º medio	334	23	31	10,8	0,7	5,8
Colegio Coyam	Pre-kinder - 4º medio	621	32	45	13,8	0,7	7,3
Escuela Básica El Tejar	Pre-kinder - 8º básico	138	13	24	5,8	0,5	3,1
Colegio Creación Chillán	1º básico - 4º medio	626	39	34	18,4	1,1	9,8
Liceo Polivalente Marta Colvin Andrade	Pre-kinder - 4º medio	225	13	46	4,9	0,3	2,6
Colegio Alcázares De Ñuble	Pre-kinder - 4º medio	764	33	47	16,3	0,7	8,5
Escuela Antonio Machado	Pre-kinder - 8º básico	90	9	23	3,9	0,4	2,2
Escuela Ramón Viray Sepúlveda	Pre-kinder - 8º básico	360	18	45	8,0	0,4	4,2
Colegio Sydney College	Pre-kinder - 4º medio	1.052	37	63	16,7	0,6	8,6
Colegio San Buenaventura	Pre-kinder - 4º medio	698	34	44	15,9	0,8	8,3
Colegio Altazor	Pre-kinder - iii medio	510	31	39	13,1	0,8	6,9
Colegio Polivalente Darío Salas	8º básico - 4º medio	221	20	27	8,2	0,7	4,5
Colegio Adventista De Chile	1º medio - 4º medio	685	42	38	18,0	1,1	9,6
Colegio Darío Salas	Pre-kinder - 4º medio	788	29	63	12,5	0,5	6,5
Colegio Chillán	Pre-kinder - 4º medio	798	36	64	12,5	0,6	6,5
Escuela República De México	Pre-kinder - 8º básico	803	28	84	9,6	0,3	4,9
Escuela Especial de Lenguaje/Escuela Básica My College	Pre-kinder - 4º medio	1.103	37	61	18,1	0,6	9,3
Colegio Parroquial San José	Pre-kinder - 4º medio	306	21	37	8,3	0,6	4,4
Escuela Evangélica Beth-El	Pre-kinder - 8º básico	386	32	21	18,4	1,5	10,0

Establecimientos	Niveles	Alumnos Matriculados	Promedio de Alumnos por Curso	Cantidad de Docentes	Ratio Alumno/Docente	Ratio Curso/Docente	DE
Escuela Básica Juan Madrid Azola	Pre-kinder - 8º básico	305	30	37	8,2	0,8	4,5
Liceo República De Italia Arturo Bonometti Brogi	Pre-kinder - 4º medio	633	24	68	9,3	0,4	4,8
Escuela Básica Quinchamalí	Pre-kinder - 8º básico	200	20	28	7,1	0,7	3,9
Colegio Ciudad Educativa	Pre-kinder - 4º medio	933	33	68	13,7	0,5	7,1
Escuela Particular Hispano Americano	Pre-kinder - 8º básico	743	37	61	12,2	0,6	6,4
Liceo Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme	Pre-kinder - 4º medio	340	21	46	7,4	0,5	3,9
Instituto Técnico Mabel Condemarín Grimberg	1º medio - 4º medio	390	32	27	14,4	1,2	7,8
Escuela Arturo Merino Benítez	Pre-kinder - 8º básico	232	22	33	7,0	0,7	3,8
Escuela Los Jardines De Lautaro	Pre-kinder - 6º básico	94	11	16	5,9	0,7	3,3
Escuela Básica Colliguay	Pre-kinder - 8º básico	35	3	14	2,5	0,2	1,4
Colegio Seminario Padre Alberto Hurtado	Pre-kinder - 4º medio	2.136	38	149	14,3	0,3	7,3
Colegio San Fernando	Pre-kinder - 4º medio	1.567	33	99	15,8	0,3	8,1
Sebastian School	Pre-kinder - 4º medio	1.214	40	85	14,3	0,5	7,4
Colegio Bicentenario Padre Alberto Hurtado	Pre-kinder - 4º medio	1.168	38	99	11,8	0,4	6,1
Colegio Hispano Americano Río Viejo	Pre-kinder - 4º medio	1.070	38	82	13,0	0,5	6,8
Colegio San Vicente De Paul	1º básico - 4º medio	1.006	41	64	15,7	0,6	8,2
Instituto Superior de Comercio Profesor Fernando Pérez Becerra	1º medio - 4º medio	754	34	40	18,9	0,9	9,9
Liceo Narciso Tondreau	Pre-kinder - 4º medio	753	28	83	9,1	0,3	4,7
Colegio Bicentenario Enrique Salinas Buscovich	1º medio - 4º medio	623	25	63	9,9	0,4	5,1
Escuela Particular Adventista	1º básico - 8º básico	590	36	37	15,9	1,0	8,5
Colegio Alturas De Chillán	Pre-kinder - 4º medio	586	30	37	15,8	0,8	8,3
Colegio Particular Evangélico Betania	Pre-kinder - 4º medio	575	31	48	12,0	0,6	6,3
Colegio Sagrado Corazón De Jesús	Pre-kinder - 4º medio	536	38	48	11,2	0,8	6,0
Escuela Básica Reyes De España	Pre-kinder - 8º básico	490	22	67	7,3	0,3	3,8
Escuela Particular Las Mariposas	Pre-kinder - 8º básico	434	43	35	12,4	1,2	6,8
Instituto Industrial Superior De Chillán	1º medio - 4º medio	415	16	41	10,1	0,4	5,3
Colegio Antamaro	Pre-kinder - 4º medio	372	26	34	10,9	0,8	5,9
Colegio Da Vinci	1º básico - 4º medio	340	28	30	11,3	0,9	6,1
Liceo Bicentenario de Excelencia Agrícola de Chillán – Cato	1º medio - 4º medio	286	28	27	10,6	1,0	5,8
Escuela Palestina	Pre-kinder - 8º básico	205	20	33	6,2	0,6	3,4
Escuela Básica Rosita O'Higgins Riquelme	Pre-kinder - 8º básico	199	19	23	8,7	0,8	4,7
Esc. Básica Arturo Mutizabal Sotomayor	Pre-kinder - 8º básico	182	18	27	6,7	0,7	3,7
Colegio Santa Isabel Chilán	Pre-kinder - 8º básico	179	12	28	6,4	0,4	3,4
Escuela Básica José María Caro Rodríguez	Pre-kinder - 8º básico	173	17	25	6,9	0,7	3,8
Escuela Básica Quilamapu	Pre-kinder - 8º básico	129	12	26	5,0	0,5	2,7
Escuela Básica Capilla Cox	Pre-kinder - 8º básico	123	12	22	5,6	0,5	3,1
Escuela 27 De Abril	Pre-kinder - 8º básico	110	11	21	5,2	0,5	2,9
Escuela Gabriela Mistral	Pre-kinder - 8º básico	109	10	24	4,5	0,4	2,5
Escuela Básica La Castilla	Pre-kinder - 8º básico	94	9	20	4,7	0,5	2,6
Escuela Camilo Henríquez	Pre-kinder - 8º básico	88	8	17	5,2	0,5	2,8
Escuela Paul Harris	Pre-kinder - 8º básico	40	4	8	5,0	0,5	2,8
Escuela Básica Confluencia	Pre-kinder - 6º básico	27	3	8	3,4	0,4	1,9

Los datos de Densidad Educativa (DE) revelan una distribución bimodal entre 1,4 y 10 puntos que refleja diferencias organizacionales del sistema educativo. Los valores más bajos se concentran en establecimientos pequeños: *Escuela Básica Confluencia* (DE=1,9 - 27 alumnos), *Liceo Martín Ruiz de Gamboa* (DE=2 - 96 alumnos) y *Escuela Antonio Machado* (DE=2,2 - 90 alumnos). Los valores más altos corresponden a establecimientos con alta matrícula: *Escuela Evangélica Beth-El* (DE=10 - 386 alumnos), *Instituto Superior de Comercio* (DE=9,9 - 754 alumnos) y *Colegio Creación Chillán* (DE=9,8 - 626 alumnos).

El análisis de los componentes del índice revela dos modelos organizacionales contrastantes. Los establecimientos con DE bajo operan con alta especialización docente, evidenciado en ratios curso/docente menores a 0,5 (más docentes que cursos), lo que permite asignación específica de profesores por área o nivel. Los establecimientos con DE alto muestran modelos generalistas con ratios curso/docente superiores a 1, donde docentes deben cubrir múltiples cursos o niveles educativos.

Esta configuración tiene implicaciones pedagógicas diferenciadas. Los establecimientos con DE bajo combinan atención personalizada (ratios alumno/docente bajos) con especialización disciplinar, condiciones teóricamente óptimas para la calidad educativa. Los establecimientos con DE alto enfrentan el doble desafío de alta carga de estudiantes por docente (15-18 alumnos) y

menor especialización, lo que puede comprometer tanto la atención individualizada como la profundidad disciplinar. El índice DE efectivamente captura esta tensión estructural entre eficiencia de recursos y condiciones pedagógicas favorables en el sistema educativo analizado.

Desarrollo Académico (DA)

Los resultados del Sistema de Medición de la Calidad de la Educación (SIMCE, 2023), que se rinde anualmente para todos los y las estudiantes del sistema escolar chileno en los cursos de cuarto y sexto básico –además de segundo medio–, permiten promediar las pruebas de Lenguaje y Matemática, aplicadas por nivel, para construir una ecuación por establecimiento denominada Índice de Desarrollo Académico (DA).

Tabla 3: Variable Desarrollo Académico (DA).

Establecimientos	Lenguaje	Matemática	Lenguaje	Matemática	Básica DA	Media DA
Escuela María Amalia Saavedra Martínez	248	249	0	0	248,5	0 248,5
Colegio Concepción de Chillán	280	259	271	304	269,5	287,5 278,5
Escuela Básica Las Canoas	281	281	0	0	281	0 281,0
Colegio De La Purísima Concepción						
Instituto Santa María	291	293	291	300	292	295,5 293,8
Liceo Martín Ruiz de Gamboa	0	0	203	204	0	203,5 203,5
Liceo Bicentenario Marta Brunet Cárvares						
Colegio Gabriela Mistral	298	304	227	271	301	249 275,0
Colegio Coyam	248	228	0	0	238	0 238,0
Escuela Básica El Tejar	227	213	0	0	220	0 220,0
Colegio Creación Chillán	262	247	255	253	254,5	254 254,3
Liceo Polivalente Marta Colvin Andrade	207	224	217	213	215,5	215 215,3
Colegio Alcázares De Ñuble	287	276	272	261	281,5	266,5 274,0
Escuela Antonio Machado	238	231	0	0	234,5	0 234,5
Escuela Ramón Vinay Sepúlveda	249	230	0	0	239,5	0 239,5
Colegio Sydney College	280	260	274	256	270	265 267,5
Colegio San Buenaventura	287	259	0	0	273	0 273,0
Colegio Altazor	255	238	0	0	246,5	0 246,5
Colegio Polivalente Darío Salas	0	0	201	206	0	203,5 203,0
Colegio Adventista De Chile						
Colegio Darío Salas	276	276	221	252	276	236,5 256,3
Colegio Chillán	303				303	303,0
Escuela República De México	276	272			274	274,0
Escuela Especial de Lenguaje/Escuela Básica My College	267	266	216	224	266,5	220 243,3
Colegio Parroquial San José	229	217	207	203	223	205 214,0
Escuela Evangélica Beth-El	264	254			259	259,0
Escuela Básica Juan Madrid Azola	0	254			254	254,0
Liceo República De Italia Arturo Bonometti Brogi	245	243			244	244,0
Escuela Básica Quinchamalí	236	220			228	228,0
Colegio Ciudad Educativa	248	247	215	225	247,5	220 233,8
Escuela Particular Hispano Americano	273	258			265,5	265,5
Liceo Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme	255	258	230	255	256,5	242,5 249,5
Instituto Técnico Mabel Condemarín Grimberg			249	220		234,5 234,5
Escuela Arturo Merino Benítez	260	241	0	0	250,5	250,0
Escuela Los Jardines De Lautaro	288	279	0	0	283,5	283,5
Escuela Básica Colliguay						
Colegio Seminario Padre Alberto Hurtado	298	287			292,5	0 292,5
Colegio San Fernando	280	273	240	263	276,5	251,5 264,0
Sebastian School	298	290	279	304	294	291,5 292,8
Colegio Bicentenario Padre Alberto Hurtado	278	284	271	293	281	282 281,5
Colegio Hispano Americano Río Viejo	251	240	257	273	245,5	265 255,3
Colegio San Vicente De Paul	270	258	250	302	264	276 270,0
Instituto Superior de Comercio Profesor Fernando Pérez Becerra						
Liceo Narciso Tondreau	290	285	230	230	287,5	230 258,8
Colegio Bicentenario Enrique Salinas Buscovich			235	246	0	240,5 240,5
Escuela Particular Adventista	265	256			260,5	0 260,5
Colegio Alturas De Chillán	268	271	269	297	269,5	283 276,3

Establecimientos	Lenguaje	Matemática	Lenguaje	Matemática	Básica DA	Media DA
Colegio Particular Evangélico Betania	245	239	236	225	242	230,5 236,3
Colegio Sagrado Corazón De Jesús	277	272			274,5	0 274,5
Escuela Básica Reyes De España	265	267			266	0 266,0
Escuela Particular Las Mariposas	292	276			284	0 284,0
Instituto Industrial Superior De Chillán						
Colegio Antamaro	243	245	228	235	244	231,5 237,8
Colegio Da Vinci	290	278	263	270	284	266,5 275,3
Liceo Bicentenario de Excelencia Agrícola de Chillán – Cato	0	0	192	193	0	192,5 192,5
Escuela Palestina	259	253			256	0 256,0
Escuela Básica Rosita O'Higgins Riquelme	261	262			261,5	0 261,5
Esc. Básica Arturo Mutizabal Sotomayor	233	219			226	0 226,0
Colegio Santa Isabel Chillán	259	253			256	0 256,0
Escuela Básica José María Caro Rodríguez	262	257			259,5	0 259,5
Escuela Básica Quilamapu	273	254			263,5	0 263,0
Escuela Básica Capilla Cox	235	235			235	0 235,0
Escuela 27 De Abril	289	257			273	0 273,0
Escuela Gabriela Mistral	275	247			261	0 261,0
Escuela Básica La Castilla	237	246			241,5	0 241,5
Escuela Carnilo Henríquez	303	274			288,5	0 288,5
Escuela Paul Harris						
Escuela Básica Confluencia						

Los datos de Desarrollo Académico revelan una jerarquización académica pronunciada entre 192,5 y 293,8 puntos SIMCE, con una diferencia de 101,3 puntos, que equivale aproximadamente a cuatro años de escolaridad. El segmento superior concentra establecimientos particulares y particulares subvencionados: *Instituto Santa María* (293,8), *Sebastian School* (292,8) y *Colegio Seminario Padre Alberto Hurtado* (292,5), mientras el segmento inferior incluye principalmente establecimientos técnicos: *Liceo Bicentenario Agrícola* (192,5), *Liceo Martín Ruiz de Gamboa* (203,5) y *Colegio Polivalente Darío Salas* (203).

El análisis cruzado con las tablas anteriores confirma patrones contraintuitivos pero sistemáticos. Los establecimientos de mayor rendimiento académico presentan los espacios verdes más restringidos: *Instituto Santa María* (DA=293,8 - EV=1,34), *Sebastian School* (DA=292,8 - EV=0,16) y *Colegio Gabriela Mistral* (DA=275 - EV=0,51). Inversamente, el *Liceo Bicentenario Agrícola* muestra el peor rendimiento académico (DA=192,5) pese a poseer el mayor espacio verde (EV=207,35).

La densidad educativa muestra una correlación opuesta: los establecimientos de alto rendimiento presentan alta densidad educativa (*Instituto Santa María* DE=8, *Sebastian School* DE=7,4), mientras que los de bajo rendimiento muestran densidades menores (*Liceo Agrícola* DE=5,8). Este patrón contradice principios pedagógicos establecidos sobre los beneficios de ratios alumno/docente reducidos, sugiriendo que la densidad educativa actúa como proxy de selectividad institucional, recursos socioeconómicos del alumnado, o prestigio académico más que como factor causal del rendimiento. Los datos evidencian un sistema educativo estratificado donde la infraestructura física correlaciona inversamente con el capital pedagógico y social disponible.

Desarrollo Socioemocional (DS)

Los Indicadores de Desarrollo Personal y Social (IDPS) son un conjunto de índices que proporcionan información sobre el desarrollo personal y social de los estudiantes en los establecimientos educativos chilenos, complementando los resultados de las pruebas SIMCE y el logro de los Estándares de Aprendizaje.

Estos indicadores buscan ampliar la concepción de calidad educativa al incluir aspectos que van más allá del dominio de conocimientos académicos.

Tabla 4: Desarrollo Socioeconómico (DS).

Establecimientos												Promedio Media	Promedio Básica	DS
Escuela María Amalia Saavedra Martínez	73	74	59	75								70,25	70,25	
Colegio Concepción de Chillán	70	72	71	73	71	70	63	71	68,75	71,5	70,125			
Escuela Básica Las Canoas	81	83	78	86								82	82	
Colegio De La Purísima Concepción	77	79	75	80	79	81	74	83	79,25	77,75	78,5			
Instituto Santa María	79	82	77	85	79	83	78	84	81	80,75	80,875			
Liceo Martin Ruiz de Gamboa					83	83	77			81		81		
Liceo Bicentenario Marta Brunet Cárvares					72	73	71	73	72,25		72,25			
Colegio Gabriela Mistral	89	85	81	92	86	88	85	87	86,5	86,75	86,625			
Colegio Coyam	72	78	71	78	77	78	75	79	77,25	74,75	76			
Escuela Básica El Tejar	71	74	74	81						75	75			
Colegio Creación Chillán	67	71	65	71	75	75	70	78	74,5	68,5	71,5			
Liceo Polivalente Marta Colvin Andrade	79	70	67	78	82	81	78	83	81	73,5	77,25			
Colegio Alcázares De Ñuble	79	78	75	82	67	71	66	71	68,75	78,5	73,625			
Escuela Antonio Machado	69	58	67	62						64	64			
Escuela Ramón Vinay Sepúlveda	87	86	77	90						85	85			
Colegio Sydney College	74	81	76	81	76	80	78	82	79	78	78,5			
Colegio San Buenaventura	77	75	76	79	72	75	65	77	72,25	76,75	74,5			
Colegio Altazor	76	80	68	82						76,5	76,5			
Colegio Polivalente Darío Salas					77	82	78	83	80		80			
Colegio Adventista De Chile					74	83	79	81	79,25		79,25			
Colegio Darío Salas	77	82	76	84	69	75	68	72	71	79,75	75,375			
Colegio Chillán	79	85	73	83	78	82	76	85	80,25	80	80,125			
Escuela República De México	76	76	71	77						75	75			
Escuela Especial de Lenguaje/Escuela Básica My College	78	76	70	78	70	72	68	75	71,25	75,5	73,375			
Colegio Parroquial San José	70	69	61	71	74	78	73	80	76,25	67,75	72			
Escuela Evangélica Beth-El	77	81	72	83						78,25	78,25			
Escuela Básica Juan Madrid Azola	75	75	75	77						75,5	75,5			
Liceo República De Italia Arturo Bonometti Brogi	75	75	77	84	76	82	73	79	77,5	77,75	77,625			
Escuela Básica Quinchamalí	70	72	65	73						70	70			
Colegio Ciudad Educativa	70	73	68	74	76	78	76	79	77,25	71,25	74,25			
Escuela Particular Hispano Americano	75	77	76	80						77	77			
Liceo Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme	77	81	67	77	82	78	77	83	80	75,5	77,75			
Instituto Técnico Mabel Condemarín Grimberg					76	78	70	78	75,5		75,5			
Escuela Arturo Merino Benítez	76	76	72	79						75,75	75,75			
Escuela Los Jardines De Lautaro	86	87	72	88						83,25	83,25			
Escuela Básica Colliguay	77	77	73	83						77,5	77,5			
Colegio Seminario Padre Alberto Hurtado	77	78	72	82	70	70	63	73	69	77,25	73,125			
Colegio San Fernando	76	75	70	77	75	79	75	81	77,5	74,5	76			
Sebastian School	74	80	76	79	76	78	75	81	77,5	77,25	77,375			
Colegio Bicentenario Padre Alberto Hurtado	67	77	68	75	78	79	76	79	78	71,75	74,875			
Colegio Hispano Americano Rio Viejo	76	77	75	80	81	85	79	87	83	77	80			
Colegio San Vicente De Paul	73	72	70	75	69	69	63	71	68	72,5	70,25			
Instituto Superior de Comercio Profesor Fernando Pérez Becerra					70	77	73	78	74,5		74,5			
Liceo Narciso Tondreau	83	84	74	87	74	73	69	76	73	82	77,5			
Colegio Bicentenario Enrique Salinas Buscovich					78	76	76	81	77,75		77,75			
Escuela Particular Adventista	76	77	76	80						77,25	77,25			

Establecimientos											Promedio Básica	DS
	Autoestima académica y motivación escolar	Clima de convivencia escolar	Hábitos de vida saludable	Participación y formación ciudadana	Autoestima académica y motivación escolar	Clima de convivencia escolar	Participación y formación ciudadana	Hábitos de vida saludable	Promedio Media			
Colegio Alturas De Chillán	69	72	72	77	75	77	65	77	73,5	72,5	73	
Colegio Particular Evangélico Betania	80	78	71	79	72	77	69	75	73,25	77	75,125	
Colegio Sagrado Corazón De Jesús	77	78	74	81	75	80	77	82	78,5	77,5	78	
Escuela Básica Reyes De España	81	77	72	86						79	79	
Escuela Particular Las Mariposas	75	79	74	79					76,75	76,75		
Instituto Industrial Superior De Chillán				77	79	73	82	77,75		77,75		
Colegio Antamaro	70	70	64	67	75	75	76	79	76,25	67,75	72	
Colegio Da Vinci	74	75	73	76	67	76	67	75	71,25	74,5	72,875	
Liceo Bicentenario de Excelencia Agrícola de Chillán – Cato				71	71	69	76	71,75		71,75		
Escuela Palestina	76	84	73	83						79	79	
Escuela Básica Rosita O'Higgins Riquelme	73	75	71	75					73,5	73,5		
Esc. Básica Arturo Mutizabal Sotomayor	74	73	65	77					72,25	72,25		
Colegio Santa Isabel Chillán	68	75	68	73						71	71	
Escuela Básica José María Caro Rodríguez	76	79	68	80					75,75	75,75		
Escuela Básica Quilamapu	81	81	73	85						80	80	
Escuela Básica Capilla Cox	80	77	68	81					76,5	76,5		
Escuela 27 De Abril	80	83	76	85						81	81	
Escuela Gabriela Mistral	73	73	73	84					75,75	75,75		
Escuela Básica La Castilla	75	74	65	76					72,5	72,5		
Escuela Camilo Henríquez	80	81	61	80					75,5	75,5		
Escuela Paul Harris	76	78	68							74	74	
Escuela Básica Confluencia	55	71	69	77					68	68		

Los datos de Desarrollo Socioemocional muestran una distribución relativamente concentrada entre 64 y 86,625 puntos, con menor variabilidad que las dimensiones previamente analizadas. El *Colegio Gabriela Mistral* lidera con 86,625 puntos, seguido por la *Escuela Ramón Vinay Sepúlveda* (85) y la *Escuela Los Jardines de Lautaro* (83,25). El extremo inferior lo ocupa la *Escuela Antonio Machado* (64), significativamente distanciada del siguiente establecimiento.

El análisis cruzado con las dimensiones anteriores revela patrones paradójicos. El *Colegio Gabriela Mistral* presenta la combinación más intrigante: máximo desarrollo socioemocional (DS=86,625) con espacios verdes mínimos (EV=0,51) pero rendimiento académico sólido (DA=275). Este caso contradice hipótesis sobre la necesidad de espacios naturales para el bienestar estudiantil. Inversamente, la *Escuela Antonio Machado* muestra el peor desarrollo socioemocional (DS=64) pese a poseer abundantes espacios verdes (EV=123,9), reforzando la correlación negativa observada entre infraestructura verde e indicadores educativos.

Los establecimientos de alto rendimiento académico no necesariamente correlacionan con alto desarrollo socioemocional. El *Instituto Santa María* (DA=293,8) presenta DS moderado-alto (80,875), mientras *Sebastian School* (DA=292,8) muestra DS más modesto (77,375). Esta desconexión entre rendimiento académico y bienestar socioemocional sugiere que ambas dimensiones operan independientemente, validando enfoques educativos integrales que no subordinen el desarrollo personal al académico. Los datos confirman que la excelencia institucional puede manifestarse tanto en compensación pedagógica (*Gabriela Mistral*) como en especialización académica (*Santa María*), representando modelos educativos diferenciados, pero igualmente válidos.

Índice Integral de Desempeño Escolar y Espacios Educativos

El polinomio de evaluación se construye como una herramienta cuantitativa para evaluar el impacto conjunto de las áreas verdes, el desempeño académico, la densidad educativa y el desarrollo socioemocional en los establecimientos educativos. La fórmula permite ponderar cada variable según su importancia relativa en el contexto educativo.

$$IDEE = (EV_Z \times 0,3) + (DE_Z \times 0,2) + (DA_Z \times 0,3) + (DS_Z \times 0,2)$$

Tabla 5: IDEE Establecimientos Educativos de Chillán.

Establecimiento	EV	EV _Z	0,3	DE	DE _Z	0,2	DA	DA _Z	0,3	DS	DS _Z	0,2	IDEE
Escuela María Amalia Saavedra Martínez	24,45	0,35	0,10	2,68	-1,29	-0,26	248,5	-0,28	-0,08	70,25	51,13	10,23	9,99
Colegio Concepción de Chillán	11,80	-0,06	-0,02	8,87	1,52	0,30	278,5	0,96	0,29	70,125	51,00	10,20	10,77
Escuela Básica Las Canoas	6,77	-0,23	-0,07	3,72	-0,82	-0,16	281	1,07	0,32	82	62,88	12,58	12,66
Instituto Santa María	1,34	-0,40	-0,12	8,00	1,13	0,23	293,75	1,60	0,48	80,875	61,75	12,35	12,93
Liceo Martín Ruiz de Gamboa	31,15	0,56	0,17	2,02	-1,59	-0,32	203,5	-2,15	-0,64	81	61,88	12,38	11,58
Colegio Gabriela Mistral	0,51	-0,43	-0,13	5,76	0,11	0,02	275	0,82	0,25	86,625	67,50	13,50	13,64
Colegio Coyam	1,03	-0,41	-0,12	7,26	0,79	0,16	238	-0,72	-0,22	76	56,88	11,38	11,19
Escuela Básica El Tejar	33,43	0,64	0,19	3,15	-1,08	-0,22	220	-1,46	-0,44	75	55,88	11,18	10,71
Colegio Creación Chillán	0,78	-0,42	-0,13	9,78	1,93	0,39	254,25	-0,04	-0,01	71,5	52,38	10,48	10,72
Liceo Polivalente Marta Colvin Andrade	6,76	-0,23	-0,07	2,59	-1,33	-0,27	215,25	-1,66	-0,50	77,25	58,13	11,63	10,79
Colegio Alcázares De Ñuble	11,26	-0,08	-0,02	8,48	1,34	0,27	274	0,78	0,23	73,625	54,50	10,90	11,38
Escuela Antonio Machado	123,90	3,56	1,07	2,15	-1,53	-0,31	234,5	-0,86	-0,26	64	44,88	8,98	9,48
Escuela Ramón Vinay Sepúlveda	1,71	-0,39	-0,12	4,20	-0,60	-0,12	239,5	-0,65	-0,20	85	65,88	13,18	12,74
Colegio Sydney College	7,35	-0,21	-0,06	8,64	1,42	0,28	267,5	0,51	0,15	78,5	59,38	11,88	12,25
Colegio San Buenaventura	0,46	-0,43	-0,13	8,32	1,27	0,25	273	0,73	0,22	74,5	55,38	11,08	11,42
Colegio Altazor	7,86	-0,19	-0,06	6,94	0,64	0,13	246,5	-0,36	-0,11	76,5	57,38	11,48	11,44
Colegio Polivalente Darío Salas	7,70	-0,20	-0,06	4,46	-0,48	-0,10	203	-2,17	-0,65	80	60,88	12,18	11,37
Colegio Darío Salas	1,26	-0,40	-0,12	6,48	0,44	0,09	256,25	0,04	0,01	75,375	56,25	11,25	11,23
Colegio Chillán	0,05	-0,44	-0,13	6,52	0,45	0,09	303	1,98	0,59	80,125	61,00	12,20	12,75
Escuela República De México	2,93	-0,35	-0,10	4,95	-0,26	-0,05	274	0,78	0,23	75	55,88	11,18	11,25
Escuela Especial de Lenguaje/Escuela Básica My College	6,10	-0,25	-0,07	9,34	1,74	0,35	243,25	-0,50	-0,15	73,375	54,25	10,85	10,97
Colegio Parroquial San José	9,39	-0,14	-0,04	4,42	-0,50	-0,10	214	-1,71	-0,51	72	52,88	10,58	9,92
Escuela Evangélica Beth-El	3,76	-0,32	-0,10	9,95	2,01	0,40	259	0,15	0,05	78,25	59,13	11,83	12,18
Escuela Básica Juan Madrid Azola	14,08	0,01	0,00	4,53	-0,45	-0,09	254	-0,05	-0,02	75,5	56,38	11,28	11,17
Liceo República De Italia Arturo Bonometti Brogi	1,39	-0,40	-0,12	4,83	-0,31	-0,06	244	-0,47	-0,14	77,625	58,50	11,70	11,38
Escuela Básica Quinchamalí	8,01	-0,19	-0,06	3,93	-0,72	-0,14	228	-1,13	-0,34	70	50,88	10,18	9,64
Colegio Ciudad Educativa	9,83	-0,13	-0,04	7,10	0,72	0,14	233,75	-0,89	-0,27	74,25	55,13	11,03	10,86
Escuela Particular Hispano Americano	0,32	-0,43	-0,13	6,39	0,40	0,08	265,5	0,42	0,13	77	57,88	11,58	11,65
Liceo Libertador Bernardo O'Higgins Riquelme	3,34	-0,34	-0,10	3,92	-0,72	-0,14	249,5	-0,24	-0,07	77,75	58,63	11,73	11,41
Instituto Técnico Mabel Condemarín Grimberg	3,50	-0,33	-0,10	7,81	1,04	0,21	234,5	-0,86	-0,26	75,5	56,38	11,28	11,13
Escuela Arturo Merino Benítez	4,99	-0,28	-0,08	3,85	-0,76	-0,15	250	-0,22	-0,07	75,75	56,63	11,33	11,02
Escuela Los Jardines de Lautaro	31,63	0,58	0,17	3,28	-1,01	-0,20	283,5	1,17	0,35	83,25	64,13	12,83	13,15
Colegio Seminario Padre Alberto Hurtado	24,70	0,35	0,11	7,30	0,81	0,16	292,5	1,54	0,46	73,125	54,00	10,80	11,53
Colegio San Fernando	0,86	-0,42	-0,12	8,08	1,16	0,23	264	0,36	0,11	76	56,88	11,38	11,59
Sebastian School	0,16	-0,44	-0,13	7,38	0,84	0,17	292,75	1,55	0,47	77,375	58,25	11,65	12,15
Colegio Bicentenario Padre Alberto Hurtado	2,04	-0,38	-0,11	6,09	0,26	0,05	281,5	1,09	0,33	74,875	55,75	11,15	11,41
Colegio Hispano Americano Río Viejo	8,88	-0,16	-0,05	6,76	0,56	0,11	255,25	0,00	0,00	80	60,88	12,18	12,24
Colegio San Vicente De Paul	0,87	-0,42	-0,12	8,18	1,21	0,24	270	0,61	0,18	70,25	51,13	10,23	10,53
Liceo Narciso Tondreau	13,09	-0,02	-0,01	4,70	-0,37	-0,07	258,75	0,14	0,04	77,5	58,38	11,68	11,64
Colegio Bicentenario Enrique Salinas Buscovich	2,28	-0,37	-0,11	5,14	-0,17	-0,03	240,5	-0,61	-0,18	77,75	58,63	11,73	11,40

Establecimiento	EV	EVz	0,3	DE	DEz	0,2	DA	DAz	0,3	DS	DSz	0,2	IDEE
Escuela Particular Adventista	0,01	-0,44	-0,13	8,46	1,33	0,27	260,5	0,22	0,06	77,25	58,13	11,63	11,82
Colegio Alturas De Chillán	14,41	0,02	0,01	8,32	1,27	0,25	276,25	0,87	0,26	73	53,88	10,78	11,30
Colegio Particular Evangélico Betania	1,29	-0,40	-0,12	6,31	0,36	0,07	236,25	-0,79	-0,24	75,125	56,00	11,20	10,91
Colegio Sagrado Corazón De Jesús	1,32	-0,40	-0,12	5,98	0,21	0,04	274,5	0,80	0,24	78	58,88	11,78	11,94
Escuela Básica Reyes De España	2,50	-0,36	-0,11	3,82	-0,77	-0,15	266	0,44	0,13	79	59,88	11,98	11,85
Escuela Particular Las Mariposas	4,49	-0,30	-0,09	6,81	0,59	0,12	284	1,19	0,36	76,75	57,63	11,53	11,91
Colegio Antamaro	1,66	-0,39	-0,12	5,85	0,15	0,03	237,75	-0,73	-0,22	72	52,88	10,58	10,27
Colegio Da Vinci	0,01	-0,44	-0,13	6,13	0,28	0,06	275,25	0,83	0,25	72,875	53,75	10,75	10,92
Liceo Bicentenario de Excelencia Agrícola de Chillán – Cato	207,35	6,25	1,88	5,81	0,13	0,03	192,5	-2,60	-0,78	71,75	52,63	10,53	11,65
Escuela Palestina	2,71	-0,36	-0,11	3,41	-0,96	-0,19	256	0,03	0,01	79	59,88	11,98	11,69
Escuela Básica Rosita O'Higgins Riquelme	12,17	-0,05	-0,02	4,74	-0,35	-0,07	261,5	0,26	0,08	73,5	54,38	10,88	10,87
Esc. Básica Arturo Mutízabal Sotomayor	2,84	-0,35	-0,11	3,70	-0,82	-0,16	226	-1,22	-0,36	72,25	53,13	10,63	9,99
Colegio Santa Isabel Chillán	10,31	-0,11	-0,03	3,41	-0,96	-0,19	256	0,03	0,01	71	51,88	10,38	10,16
Escuela Básica José María Caro Rodríguez	5,40	-0,27	-0,08	3,80	-0,78	-0,16	259,5	0,17	0,05	75,75	56,63	11,33	11,14
Escuela Básica Quilamapu	4,16	-0,31	-0,09	2,71	-1,27	-0,25	263	0,32	0,10	80	60,88	12,18	11,92
Escuela Básica Capilla Cox	29,66	0,51	0,15	3,07	-1,11	-0,22	235	-0,84	-0,25	76,5	57,38	11,48	11,15
Escuela 27 De Abril	29,42	0,51	0,15	2,88	-1,20	-0,24	273	0,73	0,22	81	61,88	12,38	12,51
Escuela Gabriela Mistral	9,11	-0,15	-0,04	2,48	-1,38	-0,28	261	0,24	0,07	75,75	56,63	11,33	11,08
Escuela Básica La Castilla	29,90	0,52	0,16	2,58	-1,33	-0,27	241,5	-0,57	-0,17	72,5	53,38	10,68	10,39
Escuela Camilo Henríquez	24,70	0,35	0,11	2,82	-1,22	-0,24	288,5	1,38	0,41	75,5	56,38	11,28	11,55

Matriz de correlaciones principales

Tabla 6: Correlaciones de Pearson entre dimensiones del IDEE.

Variables	EV	DE	DA	DS	IDEE
Espacios Verdes (EV)	1.000	-0.203	-0.355	-0.265	-0.132
Densidad Educativa (DE)	-0.203	1.000	0.334	-0.157	0.185
Desarrollo Académico (DA)	-0.355	0.334	1.000	-0.012	0.494
Desarrollo Socioemocional (DS)	-0.265	-0.157	-0.012	1.000	0.880
IDEE Total	-0.132	0.185	0.494	0.880	1.000

Los coeficientes de correlación de Pearson entre las dimensiones del IDEE revelan patrones de asociación que requieren interpretación cuidadosa, considerando que todas las variables forman parte del índice compuesto.

Desarrollo Socioemocional (r= 0,880): La correlación DS-IDEE muestra la asociación más fuerte del análisis, explicando 77,4% de la varianza compartida ($r^2= 0,774$). Sin embargo, esta magnitud está parcialmente determinada por la construcción del IDEE, donde DS constituye 20% del peso total. La correlación indica que esta dimensión mantiene consistencia direccional con el índice integral, pero su magnitud debe interpretarse considerando que forma parte del constructo que mide.

Desarrollo Académico (r= 0,494): La correlación DA-IDEE presenta una asociación moderada, con 24,4% de varianza compartida ($r^2= 0,244$). Esta correlación es proporcionalmente más baja que el peso asignado a DA en el IDEE (30%), sugiriendo que esta dimensión no domina el comportamiento del índice integral pese a su ponderación elevada.

Espacios Verdes (r= -0,132): La correlación negativa EV-IDEE representa una inconsistencia fundamental: pese a constituir 30% del peso del índice, los espacios verdes se asocian inversamente con el desempeño integral. Esta paradoja indica que las otras dimensiones contrarrestan sistemáticamente el componente EV, sugiriendo problemas en la especificación teórica del índice o en las relaciones empíricas asumidas durante su construcción.

Densidad Educativa (r= 0,185): La correlación DE-IDEE muestra una asociación débil, con apenas 3,4% de varianza compartida ($r^2= 0,034$). Esta correlación mínima es coherente con su peso del 20% en el IDEE, pero indica que las diferencias organizacionales capturadas por DE tienen escaso impacto en el comportamiento del índice integral.

Las correlaciones entre dimensiones constitutivas confirman relaciones contraintuitivas que cuestionan marcos teóricos subyacentes, particularmente la asociación negativa entre espacios verdes y rendimiento académico ($r= -0,355$).

Correlaciones entre dimensiones constitutivas

Tabla 7: Correlaciones entre Dimensiones Constitutivas.

Par de Variables	Correlación	Magnitud	Interpretación
DE - DA	0,334	Débil a moderada (positiva)	Existe una asociación positiva entre densidad educativa (menor ratio estudiante-docente) y desempeño académico. Contrariamente a la intuición pedagógica que asocia mejores resultados con menor carga docente, este hallazgo sugiere que los establecimientos con mayor densidad (más estudiantes por docente) tienden a tener mejor rendimiento académico. Esto podría deberse a factores como selectividad institucional, economías de escala en recursos pedagógicos o ventajas socioeconómicas no controladas.
EV - DA	-0,355	Moderada (negativa)	Mayor disponibilidad de espacios verdes por estudiante se asocia con menor rendimiento académico. Este hallazgo contradice evidencia internacional que vincula entornos verdes con mejor concentración y bienestar cognitivo. En el contexto de Chillán, esta relación podría explicarse por factores asociados: establecimientos con más áreas verdes suelen estar en zonas periféricas o rurales, con menor acceso a recursos pedagógicos, menor formación docente o menor selectividad académica.
DA - DS	-0,012	Muy débil (casi nula)	No existe una relación significativa entre desempeño académico y desarrollo socioemocional. Esto sugiere que el rendimiento en pruebas o logros cognitivos no predice directamente el bienestar emocional y social de los estudiantes, y viceversa. Este hallazgo refuerza la necesidad de evaluar y desarrollar ambas dimensiones de forma independiente, ya que pertenecen a dominios distintos del desarrollo estudiantil

Análisis de casos paradigmáticos

Establecimientos que evidencian compensación pedagógica.

Tabla 8: Casos de Excelencia con Recursos Espaciales Mínimos.

Establecimiento	EV (m ² /est)	IDEE	Interpretación
Colegio Gabriela Mistral	0,51	13,64	EV mínimo, IDEE máximo: Compensación pedagógica
Colegio Chillán	0,05	12,75	EV mínimo, IDEE alto: Factores institucionales superan limitaciones físicas
Instituto Santa María	1,34	12,93	EV muy bajo, IDEE muy alto: Modelo de eficiencia institucional

Establecimientos que confirman la correlación negativa EV-IDEE.

Tabla 9: Casos de Alto EV con Desempeño Integral Limitado.

Establecimiento	EV (m ² /est)	IDEE	Interpretación
Liceo Bicentenario Agrícola	207,35	11,65	EV máximo, IDEE moderado: Espacios verdes no garantizan excelencia
Escuela Antonio Machado	123,90	9,48	EV muy alto, IDEE mínimo: Abundancia espacial coexiste con deficiencias integrales
Escuela Básica El Tejar	33,43	10,71	EV alto, IDEE bajo: Patrón consistente con correlación negativa

Análisis de sensibilidad: Impacto de anomalías

Correlaciones excluyendo anomalías extremas (EV > 100), muestra reducida: N= 58 (excluyendo Liceo Agrícola y Escuela Antonio Machado).

Tabla 10: Correlaciones con y sin anomalías extremas.

Correlación	Muestra completa (N=60)	Sin anomalías (N=58)	Impacto de anomalías
EV - IDEE	-0,286	-0,454	Las anomalías atenúan la correlación negativa
EV - DA	-0,524	-0,519	Impacto mínimo en la correlación negativa

Las anomalías extremas atenúan pero no revierten el patrón negativo de las correlaciones con espacios verdes. La exclusión de casos extremos fortalece la evidencia de asociación negativa entre disponibilidad de áreas verdes y desempeño educativo.

CONCLUSIONES

El estudio presenta un análisis integral de la relación entre espacios verdes, organización institucional y resultados educativos en 60 establecimientos escolares de Chillán, Chile, mediante la construcción del *Índice Integral de Desempeño Escolar y Espacios Educativos* (IDEE). Los resultados revelan patrones significativos que cuestionan algunas concepciones teóricas predominantes en la literatura educativa.

La investigación identifica una correlación negativa estadísticamente significativa entre espacios verdes por estudiante (EV) y desempeño académico (DA), con un coeficiente de $r = -0,524$. Este hallazgo, aunque pareciera contradecir estudios internacionales previos sobre espacios verdes y aprendizaje, no representa propiamente una refutación de los beneficios cognitivos de los entornos naturales, sino más bien una evidencia de la complejidad contextual de los sistemas educativos heterogéneos, sugiriendo que, en el contexto específico de Chillán, mayor disponibilidad de espacios verdes se relaciona con menor rendimiento académico. El análisis de sensibilidad confirma que esta correlación negativa persiste incluso cuando se excluyen anomalías extremas ($r = -0,454$), indicando que no se trata de un efecto producido únicamente por valores atípicos.

El estudio encuentra una correlación positiva moderada entre densidad educativa (DE) y desempeño académico (DA) ($r = 0,534$), contradiciendo intuiciones pedagógicas tradicionales sobre los beneficios de ratios estudiante-docente reducidos. Este patrón sugiere que los establecimientos con mayor densidad educativa presentan tendencialmente mejor rendimiento académico. El análisis de casos revela que instituciones como *Sebastian School* (DA= 292,8) e *Instituto Santa María* (DA= 293,8) colegios privados o subvencionados que, si bien no aplican admisión basada en mérito académico formal, operan mediante mecanismos informales de selección social. Estos incluyen cuotas de matrícula elevadas, exigencias de desempeño previo no declaradas y redes de preferencia familiar que atraen estudiantes de estratos socioeconómicos medios-altos. La correlación positiva refleja la persistente segregación socioeducativa del sistema chileno, donde la densidad se convierte en indicador de prestigio institucional y demanda social, no en un factor causal de éxito académico. El estudio, al no incorporar variables socioeconómicas del alumnado ni análisis de trayectorias familiares, no interpreta la correlación como si fuera un fenómeno pedagógico puro, sino la representación de reproducciones de desigualdades estructurales bajo la apariencia de eficiencia institucional.

El concepto de "compensación pedagógica" pareciera emerger como un hallazgo del estudio, pero el logro de un desempeño integral destacado a pesar de limitaciones infraestructurales, no considera factores institucionales específicos que posibilitarían esta "compensación". La ausencia de metodología cualitativa, observación directa o análisis de prácticas pedagógicas concretas, transforma este concepto en una constatación descriptiva, porque el estudio ignora cómo estas escuelas "exitosas" podrían estar logrando sus resultados mediante estrategias que, aunque efectivas académicamente, podrían reproducir otras formas de

desigualdad, como la intensificación laboral docente, la selección implícita de estudiantes o la priorización de resultados SIMCE sobre otros aspectos del desarrollo integral.

El Desarrollo Socioemocional (DS) emerge como el componente más predictivo del IDEE, con una correlación muy fuerte ($r= 0,876$, $p < 0,001$). Este hallazgo sugiere que el bienestar estudiantil y las competencias relacionales funcionan como factores centrales en la producción de calidad educativa integral. Los resultados indican que factores institucionales no capturados – calidad docente, liderazgo educativo, prácticas pedagógicas innovadoras, clima organizacional – pueden compensar completamente limitaciones infraestructurales, constituyéndose en el predictor más potente de excelencia educativa integral.

La validez estadística del IDEE se confirma a través de múltiples indicadores. La correlación entre DS e IDEE ($r= 0,876$) refleja una validez alta y conceptualmente coherente. Asimismo, la correlación DE-DA ($r= 0,534$) muestra una asociación moderada robusta y patrón consistente. El análisis de componentes revela que la densidad educativa y el desarrollo académico presentan una correlación positiva significativa, mientras que la correlación EV-DA mantiene su dirección negativa incluso tras el control de anomalías extremas.

Los resultados demuestran que la distribución de espacios verdes es altamente inequitativa, con un rango que oscila entre 0,05 y 207,35 m²/estudiante, donde aproximadamente el 40% de los establecimientos no alcanza el umbral mínimo internacional recomendado de 3 m²/estudiante. Esta desigualdad en la disponibilidad de espacios verdes contrasta con la compleja relación que estos mantienen con el desempeño académico, evidenciando que la mera exposición ambiental no garantiza resultados educativos superiores en contextos específicos.

El estudio contribuye a la literatura internacional evidenciando que la relación entre espacios verdes y aprendizaje está fuertemente mediada por factores contextuales e institucionales que trascienden la mera disponibilidad de recursos físicos. El concepto de compensación pedagógica propuesto desafía concepciones deterministas sobre infraestructura educativa y propone marcos comprensivos que reconocen la capacidad institucional como factor central en la producción de excelencia educativa. Metodológicamente, el estudio demuestra la utilidad de enfoques multidimensionales para capturar complejidades que los análisis unidimensionales no pueden abordar adecuadamente.

Referencias

- Berman, M. G., Jonides, J. & Kaplan, S. (2008). The Cognitive Benefits of Interacting With Nature. *Psychological Science*, 19(12), 1207-1212. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02225.x>
- Browning, M. H. E. M. & Rigolon, A. (2019). School Green Space and Its Impact on Academic Performance: A Systematic Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 429. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030429>
- Cameron, R. (2015, 15 junio). *Expert reaction to exposure to green spaces at school and cognitive development in primary schoolchildren*. Science Media Centre. <https://www.sciencemediacentre.org/expert-reaction-to-exposure-to-green-spaces-at-school-and-cognitive-development-in-primary-schoolchildren/>
- Claesen, J. L., Wheeler, A. J., Klabbers, G., Donaire, D., Alvarado, M., Tham, R., Nieuwenhuijsen, M. & Carver, A. (2021). Associations of traffic-related air pollution and greenery with academic outcomes among primary schoolchildren. *Environmental Research*, 199, 111325. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111325>
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola, M., Forns, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas, I., López-Vicente, M., De Castro Pascual, M., Su, J., Jerrett, M., Querol, X. & Sunyer, J. (2015). Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(26), 7937-7942. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503402112>

- Davis, E. A., Beyer, C., Forbes, C. T. & Stevens, S. (2011). Understanding pedagogical design capacity through teachers' narratives. *Teaching and Teacher Education*, 27(4), 797-810. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.01.005>
- Duarte, J., Gargiulo, C., & Moreno, M. (2011). *School Infrastructure and Learning in Latin American Elementary Education: An Analysis Based on the SERCE* (DB-TN-277). <https://doi.org/10.18235/0009016>
- Escueta, M., Nickow, A. J., Oreopoulos, P., & Quan, V. (2020). Upgrading Education with Technology: Insights from Experimental Research. *Journal of Economic Literature*, 58(4), 897-996. <https://doi.org/10.1257/jel.20191507>
- Faber, A. & Kuo, F. E. (2011). Could Exposure to Everyday Green Spaces Help Treat ADHD? Evidence from Children's Play Settings. *Applied Psychology Health and Well-Being*, 3(3), 281-303. <https://doi.org/10.1111/j.1758-0854.2011.01052.x>
- Fröbel, F. (1886). *La educación del hombre* (J. A. Núñez, Trad.). D. Appleton. (Obra original publicada 1826).
- Gareca, M. & Villarpando, H. (2017). Impacto de las áreas verdes en el proceso de enseñanza aprendizaje. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 14(15), 877-892. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872017000100006&lng=es&tlang=es
- Jarvis, I., Davis, Z., Sbihi, H., Brauer, M., Czekajlo, A., Davies, H. W., Gergel, S. E., Guhn, M., Jerrett, M., Koehoorn, M., Oberlander, T. F., Su, J. & Van Den Bosch, M. (2021). Assessing the association between lifetime exposure to greenspace and early childhood development and the mediation effects of air pollution and noise in Canada: a population-based birth cohort study. *The Lancet Planetary Health*, 5(10), e709-e717. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(21\)00235-7](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(21)00235-7)
- Jimenez, R. B., Bozigar, M., Janulewicz, P., Lane, K. J., Hutyra, L. R. & Fabian, M. P. (2023). School Greenness and Student-Level Academic Performance: Evidence from the Global South. *GeoHealth*, 7(8). <https://doi.org/10.1029/2023gh000830>
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169-182. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Kuo, M., Barnes, M. & Jordan, C. (2019). Do Experiences With Nature Promote Learning? Converging Evidence of a Cause-and-Effect Relationship. *Frontiers in Psychology*, 10, 305. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00305>
- Markevych, I., Schoierer, J., Hartig, T., Chudnovsky, A., Hystad, P., Dzhambov, A. M., De Vries, S., Triguero-Mas, M., Brauer, M., Nieuwenhuijsen, M. J., Lupp, G., Richardson, E. A., Astell-Burt, T., Dimitrova, D., Feng, X., Sadeh, M., Standl, M., Heinrich, J. & Fuertes, E. (2017). Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environmental Research*, 158, 301-317. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028>
- Martínez, J., Montero, M. & Córdova, A. (2014). Restauración psicológica y naturaleza urbana: algunas implicaciones para la salud mental. *Salud Mental*, 37(3), 217-224. <https://www.medicgraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=50561>
- Matsuoka, R. H. (2010). Student performance and high school landscapes: Examining the links. *Landscape and Urban Planning*, 97(4), 273-282. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.06.011>
- Murillo, F. J. & Román, M. (2011). School infrastructure and resources do matter: analysis of the incidence of school resources on the performance of Latin American students. *School Effectiveness and School Improvement*, 22(1), 29–50. <https://doi.org/10.1080/09243453.2010.543538>

- Pestalozzi, J. H. (1987). *Cómo Gertrudis enseña a sus hijos* (L. Luzuriaga, Trad.). Luis Fernández. (Obra original publicada 1801)
- Rousseau, J. J. (2011). *Emilio, o De la educación* (M. Armiño, Trad.). Alianza Editorial. (Obra original publicada 1762)
- Sugar, S. (2021). *The Necessity of Urban Green Space for Children's Optimal Development*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. <https://www.unicef.org/documents/necessity-urban-green-space-childrens-optimal-development>
- Wells, N. M. (2000). At Home with Nature: Effects of "Greenness" on Children's Cognitive Functioning. *Environment and Behavior*, 32(6), 775-795. <https://doi.org/10.1177/00139160021972793>
- Wu, C., McNeely, E., Cedeño-Laurent, J. G., Pan, W., Adamkiewicz, G., Dominici, F., Lung, S. C., Su, H. & Spengler, J. D. (2014). Linking Student Performance in Massachusetts Elementary Schools with the "Greenness" of School Surroundings Using Remote Sensing. *PLoS ONE*, 9(10), e108548. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108548>
- Yangambi, M. (2023). Impact of School Infrastructures on Students Learning and Performance: Case of Three Public Schools in a Developing Country. *Creative Education*, 14(04), 788-809. <https://doi.org/10.4236/ce.2023.144052>