

DESAFÍOS MULTIDISCIPLINARIOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CIUDADANÍA GLOBAL, SOCIAL Y SOLIDARIA: *PROCESOS Y MODELOS METODOLÓGICOS*



Coordinadores:

Dr. Juan Andrés Sánchez García

Dr. Héctor Gabriel Rangel Ramírez

Dr. Darío Fabián Hernández González

Derechos Reservados ©
Por Juan Andrés Sánchez García, Héctor Gabriel Rangel
Ramírez y Darío Fabián Hernández González

Primera edición

Esta obra se realizó bajo el sello editorial de la Universidad de Xalapa A.C., a través de su Instituto Interdisciplinario de Investigaciones, en septiembre de 2025, en versión digital, pudiéndose consultar en la página www.ux.edu.mx. Oficinas en km. 2 Carretera Xalapa-Veracruz, N. 341, Col. Acueducto Ánimas C.P. 91190, Xalapa, Veracruz, México.

ISBN: 978-607-8991-52-5

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio sin el consentimiento previo y escrito de los coordinadores y quienes tengan los derechos respectivos.

El material que integra esta obra pasó por un estricto proceso de revisión y arbitraje previos, a cargo de las diferentes comisiones dictaminadoras de las diversas áreas del conocimiento del Instituto Interdisciplinario de Investigaciones de la Universidad de Xalapa. Todos los contenidos son responsabilidad de quienes los escriben.

Los contenidos de esta obra se encuentran bajo la Licencia Creative Commons. Reconocimiento–NoComercial–CompartirIgual (by-nc-sa). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Portada: D.G. María Esther Hernández Lagunes

Gestión, diseño editorial y corrección en español: Mtra. Adriana Victoria Arcos Méndez

ÍNDICE

Presentación	8-9
Dr. Erik García Herrera, rector de la Universidad de Xalapa	

Perspectivas metodológicas y sociales de las ciudades globales contemporáneas

Simple linear regression model to evaluate the temperature gradient of Xalapa, Veracruz	11-30

Modelo de regresión lineal simple para evaluar el gradiente de temperatura de la ciudad de Xalapa, Veracruz

Juan Andrés Sánchez García y Marisol Carmona Ortega

Análisis geoestadístico del colapso de partidos políticos en México de 2000 a 2024	31-49

Modelo de regresión lineal simple para evaluar el gradiente de temperatura de la ciudad de Xalapa, Veracruz

Ángel Fernando Argüello Ortiz

Contexto latinoamericano de los datos abiertos aplicados al urbanismo: paralelismo o discordancia entre entornos geográficos	50-72

Latin American context of open data applied to urban planning: parallelism or discrepancy between geographical environments

Guillermo Geovanny Guzmán Chávez, Pablo Isaac Jaramillo Pazmiño y Alexandra Patricia Ortiz Almeida

Difusión, reivindicación y rescate de la arquitectura moderna en Xalapa: arquitectura escolar, la búsqueda del control climático y su respuesta al contexto	73-90

Dissemination, vindication and rescue of modern architecture in

Xalapa: school architecture, the search for climate control and its response to the context

Eunice del Carmen García García

Ciudadanía global desde la educación

Reimagining global citizenship education in an era of geopolitical fragmentation: new trends for internationalizing the curriculum in higher education 92-110

Reimaginar la educación para la ciudadanía global en una era de fragmentación geopolítica: nuevas tendencias para internacionalizar el currículo en la educación superior

Héctor Gabriel Rangel Ramírez

Integration of global competencies in curriculum design guidelines in higher education institutions in México: an exploratory study 111-125

Integración de competencias globales en los lineamientos de diseño curricular de instituciones de educación superior en México: un estudio exploratorio

Mónica Rubiette Hákim Krayem

Navegando sin brújula: la internacionalización de la educación superior en México y Brasil 126-141

Navigating without a compass: the internationalization of higher education in Mexico and Brazil

Magdalena Bustos Aguirre, Alma Eduwigis Rangel García y Ana María Flores Muñiz

Approaches to interculturality and their implementation in chilean universities: between rhetoric and organizational innovations amid managerialism 142-162

Aproximaciones a la interculturalidad y su implementación en

las universidades chilenas: entre la retórica y las innovaciones organizacionales en medio del gerencialismo

Julio Labraña Vargas, Paulina Latorre Bahamondez e Isabel Araos Boussac

Competencias para potenciar la ciudadanía global: sistematización de experiencias de aprendizaje COIL con personas docentes o profesoras universitarias de México y Centroamérica

163-175

Skills to enhance global citizenship: systematization of COIL learning experiences with university teachers and professors from Mexico and Central America

Yamila Fernanda Silva Peralta, Clarissa Edith Núñez Amador y Mirna Janete Bulnes Menjívar

Competencias emprendedoras femeninas para una ciudadanía global, social y solidaria. Análisis cualitativo de grupos focales en el sur-sureste y centro de México

176-190

Female entrepreneurial skills for global, social, and supportive citizenship. Qualitative analysis of focus groups in southeastern and central Mexico

Alma Adriana Herrera García, Xóchitl Mora-Gómez y Yamila Fernanda Silva Peralta

Planeación urbana y territorial; ciencias y técnicas de la AI, ciencia de datos y desarrollo de software

Propuestas de planeación estructural y de gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos metropolitanos: caso de estudio Xalapa y Emiliano Zapata, Veracruz, México

192-213

Proposals for structural planning and management of urban solid waste and metropolitan water resources: case study of Xalapa and Emiliano Zapata, Veracruz, Mexico

Desiree Carrillo Valdivia y Darío Fabián Hernández González

El desafío de la informalidad: retos y oportunidades de la ciudad para la inclusividad de la planeación urbana. Una perspectiva desde la complejidad 214-231

The threat of informality: challenges and opportunities for the city in inclusive urban planning. A complexity perspective

Jonathan Guillermo Espinosa Bernard y Juan Andrés Sánchez García

Propuesta de investigación: modelo de análisis de las economías de aglomeración con enfoque glocal y de economía social y solidaria. El caso de Naolinco, Veracruz 232-249

Research proposal: analysis model of agglomeration economies with a glocal and social and solidarity economy approach. The case of Naolinco, Veracruz

Ivonne Fernández Ortega

Metodologías de desarrollo *software* en sistemas tecnológicos modernos

Seguimiento inteligente: modelando movimiento de objetos en cámaras de video 251-264

Smart tracking: modeling object motion in video cameras

Ángel J. Sánchez-García

Attack and defense techniques for adversarial machine learning 265-283

Técnicas de ataque y defensa para el aprendizaje automático antagónico

Héctor Xavier Limón Riaño y Luis Fernando Rodríguez Hernández

Ciencia de datos aplicada al análisis de asociación entre la necesidad de servicios de salud en población dependiente y el índice de marginación urbana por AGEB en 2020 284-301

Data science applied to the analysis of the association between the need for health services in dependent population and the index of urban marginalization by AGEb in 2020

Angel Fernando Argüello Ortiz y Ángel J. Sánchez-García

Uso de elementos lingüísticos en la educación de la programación: un enfoque naturalístico 302-318

Use of linguistic elements in programming education: a naturalistic approach

Lizbeth Alejandra Hernández González y Ulises Juárez Martínez

Influencia de los aspectos culturales en el desarrollo de estrategias de ciberseguridad 319-332

Influence of cultural aspects in the development of cybersecurity strategies

Dylan Alejandro Velásquez Leonardo, Juan Carlos Pérez-Arriaga, Martha Elizabet Domínguez Bárcenas y Héctor Xavier Limón Riaño

Exploring the effectiveness of differential evolution for maximizing coverage in automatic testing 333-347

Explorando la efectividad de la evolución diferencial para maximizar la cobertura en pruebas automáticas

Saúl Domínguez-Isidro

Presentación

El presente libro es resultado de una colaboración estratégica entre las áreas de Posgrados y el Instituto Interdisciplinario de Investigaciones de la Universidad de Xalapa. Surge de una convocatoria que atrajo la participación de más de cuarenta autores de diversas instituciones de educación superior de México y Sudamérica, quienes aportaron sus conocimientos, experiencias y perspectivas para la construcción de un compendio académico plural, crítico y propositivo. La diversidad geográfica, institucional y disciplinaria de los colaboradores es reflejo del espíritu de apertura y cooperación que anima esta obra.

El contenido está organizado en cuatro secciones que dialogan entre sí y ofrecen una mirada integral a problemáticas, tendencias y propuestas relacionadas con las ciudades globales, la educación para la ciudadanía, la planeación urbana y territorial, y las tecnologías emergentes. Un rasgo distintivo de este libro es su carácter multilingüe, pues cuenta con capítulos en español y en inglés, lo que amplía su alcance, facilita el intercambio académico internacional y permite que los hallazgos y reflexiones aquí reunidos trasciendan barreras lingüísticas.

La primera sección, *Perspectivas metodológicas y sociales de las ciudades globales contemporáneas*, reúne investigaciones que van desde el uso de modelos estadísticos para el estudio de variables ambientales en ciudades, hasta el análisis crítico de procesos políticos y urbanísticos en América Latina. Destacan aproximaciones metodológicas innovadoras, así como propuestas para el rescate y reivindicación del patrimonio arquitectónico en contextos específicos como Xalapa, Veracruz.

En la segunda sección, *Ciudadanía global desde la educación*, se abordan enfoques, competencias y estrategias para formar ciudadanos capaces de desenvolverse en un mundo interdependiente y diverso. A través de estudios de caso en México, Brasil, Chile y Centroamérica, los autores examinan experiencias de internacionalización universitaria, implementación de programas educativos con enfoque intercultural y desarrollo de competencias emprendedoras con impacto social y solidario.

La tercera sección, *Planeación urbana y territorial; ciencias y técnicas de la IA, ciencia de datos y desarrollo de software*, combina reflexiones sobre sostenibilidad y ordenamiento urbano con propuestas técnicas y modelos analíticos de aplicación directa. Entre sus aportaciones se encuentran proyectos para la gestión integral de recursos hídricos y residuos sólidos, el estudio de la informalidad urbana como reto y oportunidad, y el análisis de economías locales con visión glocal y solidaria.

Finalmente, la cuarta sección, *Metodologías de desarrollo de software en sistemas tecnológicos modernos*, concentra estudios en el ámbito de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, la ciberseguridad, la optimización de

procesos y la enseñanza de la programación desde perspectivas lingüísticas y culturales. Estas investigaciones, desarrolladas por especialistas de diferentes áreas, muestran la capacidad de la tecnología para responder a necesidades sociales y para generar soluciones innovadoras en un mundo digitalizado.

Más allá de compilar investigaciones, este libro se presenta como un espacio de encuentro académico, un puente entre disciplinas, regiones y lenguas, y un testimonio del potencial de la colaboración universitaria para abordar desafíos globales con enfoques integrales. Su valor radica tanto en la calidad de sus contenidos como en la red de diálogo que fomenta, contribuyendo a la construcción de conocimiento que trascienda fronteras y sirva como base para nuevas investigaciones, políticas públicas y proyectos sociales con impacto positivo y sostenible.

Saber para transcender

Dr. Erik García Herrera

Rector

Universidad de Xalapa

**PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS Y
SOCIALES DE LAS CIUDADES GLOBALES
CONTEMPORÁNEAS**

Simple linear regression model to evaluate the temperature gradient of Xalapa, Veracruz

Modelo de regresión lineal simple para evaluar el gradiente de temperatura de la ciudad de Xalapa, Veracruz

Juan Andrés Sánchez García¹ y Marisol Carmona Ortega²

Resumen: Este trabajo presenta un estudio en las islas de calor presentadas en la ciudad de Xalapa y que, basado en la teoría del gradiente de temperatura, se evalúa si la coordenada geográfica de altitud es una variable que determina el valor de la Temperatura Media del territorio. Con ello se tiene como objetivo medir la correlación estadística mediante el Modelo de Regresión Lineal Simple para validar los supuestos y, mediante el estudio de ANOVA, Residuos y la ecuación de Correlación, determinar un modelo que explique esta correlación, bajo la hipótesis a demostrar que entre más alta sea la altura media sobre el nivel del mar, mayor será el aumento de temperatura medida en grados centígrados. Dentro de los hallazgos se determinó que la altitud si impacta en la Temperatura Media pero no es capaz de construir un Modelo de Regresión Lineal que explique y prediga el comportamiento en la ciudad, dado que se encuentran muchos valores por debajo de la recta de normalidad y cuya gran distancia no determina un buen modelo, sin embargo, se concluye que aparecen las variables de longitud y latitud que también pueden aportar a la construcción de un buen modelo predictorio en futuros estudios.

Palabras clave: altitud, temperatura media, modelo de regresión lineal, gradiente de temperatura

Abstract: This work presents a study of the heat islands present in Xalapa City. Based on the temperature gradient theory, it evaluates whether the geographical coordinate of altitude is a variable that determines the value of the average temperature of the territory. The objective is to measure the statistical correlation using the Simple Linear Regression Model to validate the assumptions and, through the study of ANOVA, Residuals and the Correlation equation, determine a model that explains this correlation, under the hypothesis to be demonstrated that the higher the average height above sea level, the greater the increase in temperature measured in degrees Celsius. Among the findings, it is determined that altitude does impact the average temperature but is not capable of constructing a Linear Regression Model that explains and predicts behavior in the city, given that many values are below the normal line and their large distance does not determine a good model. However, it is concluded that the variables

1 Doctor en Arquitectura Diseño y Urbanismo. Universidad Veracruzana. juansanchez@uv.mx

2 Licenciada en Geografía. Universidad Veracruzana. marisolcarmonaortega@hotmail.com

of longitude and latitude also appear to contribute to the construction of a good predictor model in future studies.

Keywords: altitude, average temperature, linear regression model, temperature gradient.

Introduction

The world is immersed in the global warming problem, one of whose main consequences is the rise in temperatures in cities due to the loss of vegetation, leading to the phenomenon of heat islands.

Cities, within their vast territory, are considered heterogeneous surfaces whose temperature value may be due to the altitude of the colonies, based on the temperature gradient, so this chapter explains how a Simple Linear Regression Model determines the causal relationship between altitude and the average temperature of the Xalapa City, In this context, this chapter aims to determine a Regression Model that explains the relationship of the temperature gradient and that can be validated to generate a defined and evaluated Regression equation. This topic remains valid by being able to generate predictive models that help contrast certain areas where the average temperature has risen alarmingly and whose result shows that it is unlikely to be able to determine a single model given the heterogeneity of qualities of Xalapa City, which is why the question arises: What are the variables that can help or contribute to the study of temperatures in a city like Xalapa? Therefore, part of the residue analysis helps obtain spatial information on the conditions that determine the variability in temperatures.

Problematic

Global warming, or the increase in the Earth's average temperature, has been a topic of utmost relevance worldwide since the last decade of the 20th century. It is a phenomenon caused by the emission of greenhouse gases, which trap heat and cause the planet to warm more than it should. This suggests that several causes, such as greenhouse gas emissions, deforestation, and industrial activities, trigger climate change, temperature increases, and ecosystem alterations.

Given this approach, it must be recognized that:

As cities grow, they replace areas of crops and vegetation with buildings, streets, and other types of infrastructure. These elements reach high temperatures due to their materials, resulting in greater heat inside cities compared to their surrounding areas (where vegetation is common). [conforme las ciudades crecen, reemplazan áreas de cultivos y vegetación por edificaciones, calles y otros tipos de infraestructura. Dichos elementos alcanzan temperaturas altas debido a sus materiales, lo que resulta en mayor calor dentro de las ciudades

en comparación con sus alrededores (donde comúnmente hay vegetación)] (Lemoine Rodríguez & MacGregor Fors, 2024, párr. 1).

This phenomenon has developed in different areas of the Mexican territory, especially in the Xalapa City which, as a central settlement of a Metropolitan Zone, maintains around 5 ° C more than the cities of its surroundings because it has less green areas in relation to its built area. It is assumed that the amount of heat can decrease by at least 2 ° C if the amount of plant tissue were greater to maintain shaded areas and that, combined with the air that cools by humidifying the environment, the effect of evapotranspiration is generated (Lemoine Rodríguez & MacGregor Fors, 2024).

The amount of vegetation in cities like Xalapa is a parameter for determining temperature increases. However, there is a certain temperature gradient phenomenon that also assumes that temperature decreases in relation to increasing altitude relative to sea level. Being a territory with an altitude ranging from 1,250 to 1,560 meters, it is assumed to be so heterogeneous that the temperature range must be adjusted to the altitude parameter, evaluated as a variable far from constant.

Although this work recognizes that there are temperature variations according to seasons, humidity, strong winds, among other factors, the main question focuses on evaluating and verifying whether the temperature change in the Xalapa City responds to the variation in its altitude relative to sea level in order to present the spatial features that help construct an approximation to the temperature gradient.

Theoretical foundation. Temperature under the behavior of geographical measurements

Today, the challenges posed by climate change research are so significant that they represent a global problem. Temperature increases impact the habitats of all cities due to a series of factors that merit attention in their causal relationships.

It's important to highlight that a major problem facing most Latin American cities is that their natural capital is not leveraged, much less connected. One of the serious drawbacks of urban greenery is its deteriorating state, whether due to abandonment, pollution, or resource exploitation. [Es importante destacar que un problema importante que presenta la mayoría de las ciudades latinoamericanas, es que el capital natural no se encuentra potenciado y mucho menos se encuentra conectado. Uno de los graves inconvenientes del verde urbano es su estado en deterioro, ya sea por abandono, contaminación o explotación del recurso] (Avid Nava & Winfield Reyes, 2023, pág. 101).

Climate change is a process that establishes phenomena that impact cities, such as more frequent extreme weather events, rising sea levels with the risk of flooding, heat waves, threats to food and water, and increasing inequalities that establish the

imperative to manage some climate change actions (Climate Promise, 2024). One of the greatest concerns is the emergence of heat waves in urban areas, increasing the temperature load which, combined with the increase in urbanization, causes cities to begin to concentrate excessive heat within their interiors.

Within cities, the urban climate has been characterized by an increase in temperature, an effect known as a heat island. In other words, it refers to a warmer environment within the city compared to the surrounding areas of the city itself, and this has triggered some phenomena such as torrential rains or power outages. Therefore, the study of the urban climate is a priority to improve the quality of human life (Conde Álvarez & Luyando López, 2021).

Therefore, temperature becomes an interesting concept to study in the face of the challenge of global warming processes. Temperature, as a magnitude that indicates the temperature level of the environment, is a variable used to measure the heat of an object or environment in cities. The variation concentrated in temperature varies according to certain factors within the territory that contribute to the greenhouse effect, such as carbon dioxide, methane, nitrous oxide, and fluorinated gases.

However, other factors are attributed to temperature changes, such as prevailing winds, ocean currents, distance from the sea, latitude, relief, and a very important factor, geographical altitude, which is simply the vertical distance between a point on the surface and sea level. This influences the temperature; as higher altitudes lead to lower temperatures.

This relationship is what, in theory, should or can explain the hot zones in a city, based on a phenomenon called temperature gradient, which is called the “rate of change in air temperature per unit of distance, normally referred to with respect to height” [razón del cambio de la temperatura del aire por unidad de distancia, normalmente referido con respecto a la altura] (eltiempo, 2025, par. 1), with which it is worth mentioning that there is also a negative thermal gradient known as thermal inversion.

From a mathematical perspective, temperature is also an intensive magnitude that takes on different values for each point in space and can be described as a scalar field (which represents the spatial distribution of a scalar magnitude, associating a value with each point in space) by the following equation.

Equation 1. Temperature by scale magnitudes

$$T = T(x, y, z)$$

Where x, y, and z are the coordinates of the point in question.

It should be noted that this thermal gradient is calculated by dividing the temperature by the distance between the two points, using the formula:

Equation 2. Thermal gradient

$$GT = \frac{(TB - TA)}{DX}$$

TB: Is the temperature at point B

TA: Is the temperature at point A

DX: Is the distance between points A and B

From a geometric perspective, this temperature gradient represents a rate of temperature increase per unit of depth. Therefore, in theory, the relationship between height and temperature forms a suitable link for predicting heat islands in cities. It should not be overlooked that altitude, along with latitude and longitude, is a parameter that forms part of the geographic coordinates used to locate points on Earth and can determine the determining factors for assessing temperature in a city.

For this reason, the geographic coordinate of altitude is considered an essential element for evaluating or predicting temperature behavior in cities using a statistical procedure that helps determine the magnitude of the relationship between both variables.

Some studies, such as those by Ojeda Misses & González López (2023) and Boyles et al. (2019), have developed models and simulations to interpret temperature behavior, in this example using Newton's law of cooling. Other studies have referred to the measurement of models to minimize error (Wang, Kochan, & Su, 2019), and others have focused on thermoregulation with ecological impacts (Rezende & Bacigalupe, 2015). The truth is that modeling allows for the evaluation of procedures related to temperature under certain phenomena. Therefore, validating the theory depends not only on performing a paired relationship procedure but also on validating the models that help determine relationships and spatial patterns that determine the level of relationship between temperature based on the city's altitude. Therefore, the following methodology is used.

In other studies, such as the one presented by Soto Soto, Garzon Barrero, & Jiménez Cleves (2020), they have also developed correlation models between the LST and the NVDI and suggested that green areas manage to buffer and inhibit excess temperature and heat in the territory. In the work carried out by Lemoine Rodríguez, et. al (2022), it is concluded that in their study, in April 2019, Xalapa is a neotropical green city that shows that the relationship between the size of green spaces and the glass transition temperature in the city, indicates the need for green spaces with minimum areas of 2

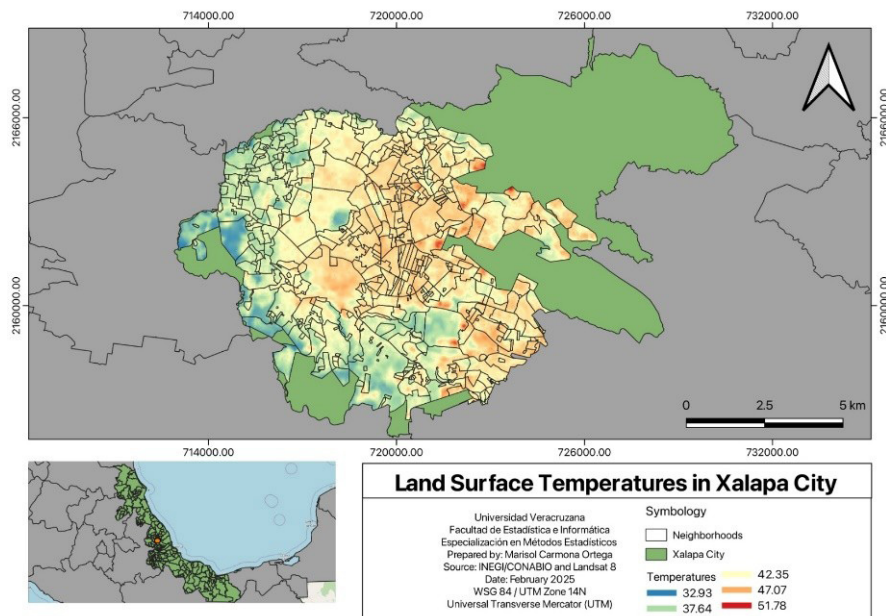
Ha to mitigate heat by $\sim 2^{\circ}\text{C}$, so the latent relationship of temperatures in green areas reflects a significant articulation.

Applied Methodology

Los datos obtenidos para este trabajo fueron obtenidos de the Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) [National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity] and the Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [National Institute of Statistics and Geography]. Data were also obtained through the Landsat 9 satellite image (ID: LC09_L2SP_025046_20240604_20240605_02_T1) acquired on June 4, 2024, which corresponds to Path 025 and Row 046 of the Landsat system. Fue mediante la imagen satelital Landsat 9 (ID: LC09_L2SP_025046_20240604_20240605_02_T1) adquirida el 4 de junio de 2024, que corresponde al Path 025 y Row 046 del sistema Landsat.¹

For this work, 478 colonies that make up the town of Xalapa, Veracruz, are taken as a study population, assuming that the temperature level is dispersed throughout the urban area, detecting certain spatial patterns as shown in Figure 1.

Figure 1 Temperature map for the Xalapa City.

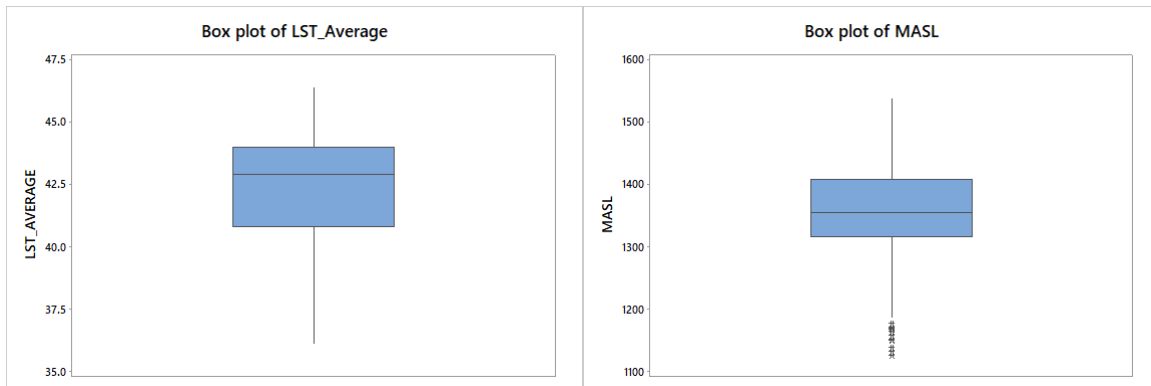


The Xalapa town, divided into colonies, assumes a heterogeneous distribution in the parameter of altitude and average temperature due to its peculiar topography, which represents in a first study the dispersion of data as shown in the following figures.

Figure 2 shows that, when there are atypical data in one of the two variables, it cannot

1 Data obtained from <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Figure 2 Comparison of data dispersion. Average Temperature and Meters Above Sea Level (MASL)



grow in the same proportion when subjected to a paired relationship, however the following table 1 is presented where it is shown that, although the standard deviations are heterogeneous, the coefficient of variation remains stable as a statistical measure that compares the variability of a set of data, it is expressed as a percentage and is calculated by dividing the standard deviation by the arithmetic mean and is generally used to compare the dispersion of data sets with different populations.

Table 1 Descriptive statistics for MASL and average temperature

Variable	N	Media	Standard deviation	Variance	Coefficient of variation	Minimun	Maximum	Range
MASL	478	1357.8	80.1	6413.0	5.90	1126.1	1538	412.2
Average temperature	478	42.325	2.116	4.477	5.00	36.1	46.4	10.3

Therefore, it is recognized that the causal correlation expressed by the thermal gradient theory cannot be determined by a descriptive analysis, since the box graph presents atypical data in the MASL variable and contrasts with the descriptive statistics that show a similar Coefficient of Variation between both variables.

Faced with this dilemma, it is decided to establish the *Pearson Correlation Coefficient*, which is obtained through a *Linear Regression Model* whose objective “is to try to explain the relationship that exists between a dependent variable (response variable) Y and a set of independent variables (explanatory variables) X1,..., Xn.”[es tratar de explicar la relación que existe entre una variable dependiente (variable respuesta) Y un conjunto de variables independientes (variables explicativas) X1,..., Xn.] (Carrollo Limeres, 2020, p. 2), so when there are two variables, a *Simple Linear Regression Model* is performed.

The only requirement for using this model is that the variables must be in continuous data. That said, the Simple Linear Regression model is expressed as follows:

Equation 3 Simple Linear Regression Model

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_i + e$$

Where Y is the variable to be predicted,² β_0 is the intercept or alpha, β_i is the slope or coefficient, X_i is the variable that causes the change in variable Y³, and e is the average of the residuals.⁴ It should be noted that the random component e of this statistical model assumes a normally distributed random variable with mean zero and variance σ^2 ; that is; $e \sim N(0, \sigma^2)$. This assumption also links the errors to being independent with the same distribution. The general hypothesis under which the model is built is that X contributes significantly to explaining Y.

This regression hypothesis implies the rejection of the null hypothesis, in favor of the postulated alternative (Ojeda Ramírez, 2000), which is as follows:

$$\begin{array}{c} H_o: \beta_j = 0 \text{ (X}_j \text{ Doesn't influence)} \\ \text{vs} \\ H_a: \beta_j \neq 0 \text{ (X}_j \text{ Does influence)} \end{array}$$

It should be remembered that the null hypothesis (H_o) generally “refers to the statement contrary to the one reached by the researcher (...). It is the hypothesis that the researcher intends to reject” [refiere a la afirmación contraria a la que ha llegado el investigador (...). Es la hipótesis que el investigador pretender rechazar] (Marco San Juan, 2020, p. 1), while the alternative hypothesis (H_a) is “the conclusion that the researcher has reached through his research” [la conclusión a la que el investigador ha llegado a través de su investigación] (Marco San Juan, 2020, p. 1). That said, the value supported by which the assumptions are evaluated is through the p-value, which when less than .05, it can be said that the null hypothesis is rejected as long as we work with a 95% confidence level, otherwise it is not rejected and this will give evidence of the existence of correlation or the appearance of independence (Marco San Juan, 2020), so under this multivariate technique the relationship between the average temperature of the colonies and the altitude in each of them is made.

Results. Linear correlation of temperature under the altitude parameter MASL

Once the simple linear regression model was carried out, the following results were obtained, where it is observed that the R-squared, or coefficient of determination, is 23.73% which, as a statistical measure that evaluates the accuracy of the regression model, shows that there is little correlation between the temperature and altitude of the Xalapa City. Likewise, the adjusted R-squared, which compares models that have

2. Also called dependent, response, predicted or endogenous variable.

3. Also called independent, explanatory, control, predictor, exogenous, stimulus or regressor variable.

4. Also called error, disturbance, random variable, or random deviation.

different predictor numbers, and the predicted R-squared, as a measure that indicates the model's ability to predict the response of new observations, reinforce the fact that it is not a reliable model to be able to predict the construction of a model in the face of new data.

Table 2 Summary of SLRM temperature vs. MASL

Model Summary			
S	R-Square	R-Square (adjusted)	R-Square (Predicted)
1.84982	23.73%	23.57%	23.15%

Figure 3 SLRM graph of average LST vs. MASL

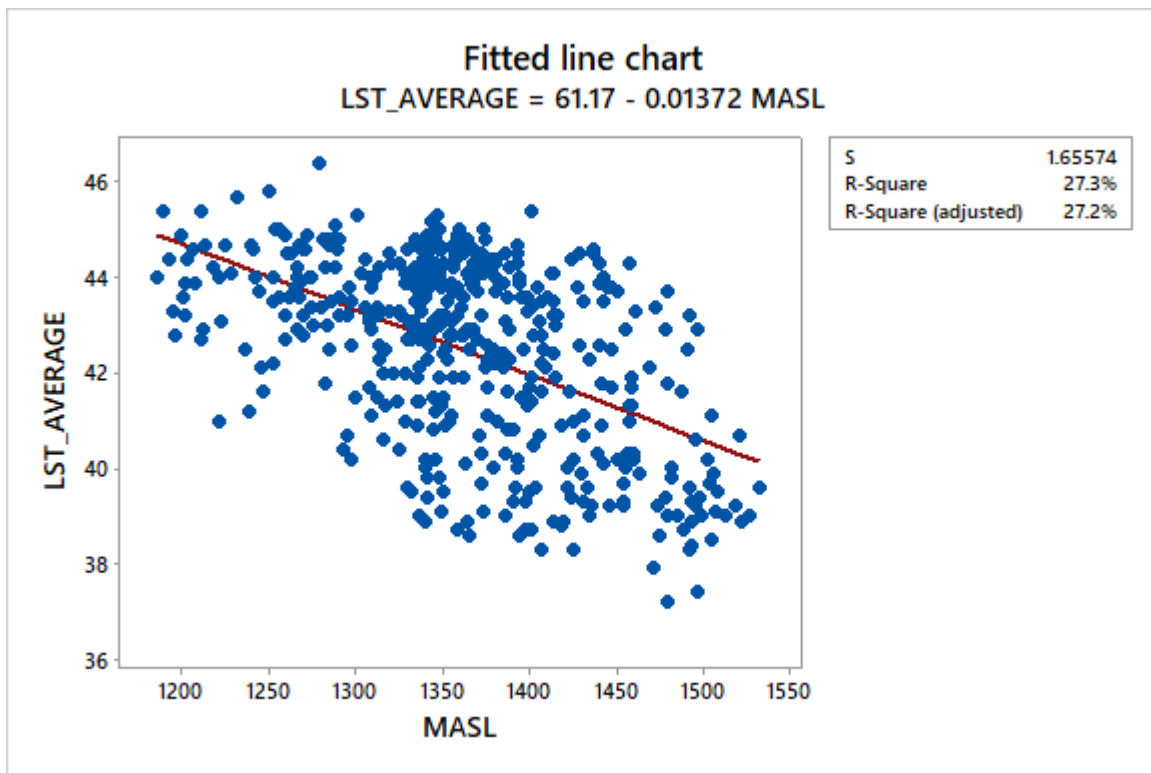


Figure 3 graphically shows a negative correlation. This trend assumes a relationship with the temperature gradient. In observations, the lower the altitude, the higher the average temperature in a city. However, it is observed that within this gradient, there are scattered values that do not approach the normal line.

The values of the model coefficients are also presented. Based on a P value of 0.00, it is concluded that, with a 95% confidence level ($1-\alpha$) and an α of .05, the null hypothesis is rejected. Therefore, the independent variable MASL influences the temperature value. However, the Coefficient of Determination value explains only 23% of the data, making the model unreliable. This discrepancy is poorly explained using a purely statistical approach.

Table 3. Table of coefficient values

Coefficients					
Term	Coefficient	Coefficient	T Value	P Value	Variance Inflation Factor
Constant	59.80	1.44	41.57	0.000	
MASL	-0.01287	0.00106	-12.17	0.000	1.00

Finally, the multiple linear regression equation is presented, which represents the model on which the behaviors of the average temperature in Xalapa explained by the altitude can be predicted.

Table 4. Simple linear regression equation valor

Regression equation
LST Promedio = 59.80 - 0.01287 MASL

Likewise, the results of the Analysis of Variance of the model are presented by means of the sum of the adjusted squares, adjusted mean square, and the F Value to determine the equality in the values of the means.

Table 5. Variance Analysis of Average LST vs. MASL

Variance Analysis					
Source	Degrees of Freedom	Adjusted sum of squares	Adjusted least squares	F Value	P Valor
Regression	1	506.66	506.66	148.07	0.000
MASL	1	506.66	506.66	148.07	0.000
Error	476	1628.00	3.422		
Lack of fit	470	1614.52	3.435	1.44	0.344
Pure error	6	14.27	2.378		
Total	477	2135.45			

Within the regression analysis, 30 observations were determined that are considered atypical within the average LST vs. MASL model, based on the type of waste that is classified into large waste (R) and uncommon waste (X) as shown in table 6.

Table 6. Analysis of residuals for outliers in the Linear Regression Model*

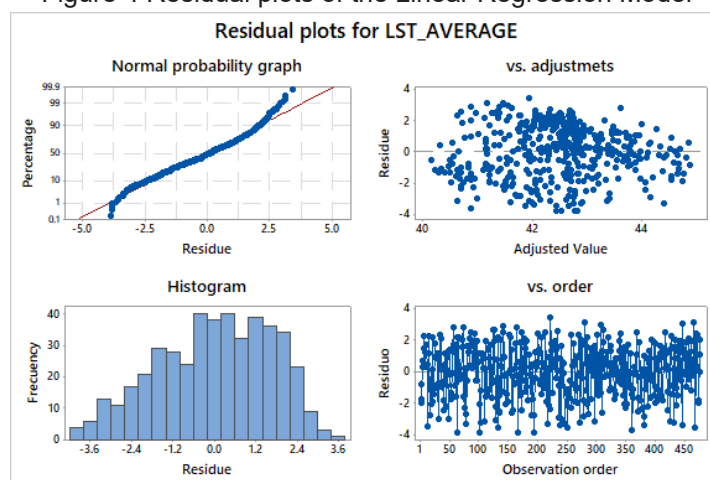
Observation	Average LST	Adjustment	Residue	Standardized residue	Waste type R X
17	44.50	45.222	-0.722	-0.39	X
38	37.60	41.593	-3.993	-2.16	R
49	44.30	45.1453	-0.853	-0.47	X
106	36.10	42.290	-6.190	-3.35	R
117	38.10	42.997	-4.897	-2.65	R
146	42.50	44.821	-2.321	-1.26	X

* R= Large Residue. X= Uncommon Residue

183	36.40	42.428	-6.028	-3.26	R
186	43.20	44.754	-1.554	-0.85	X
209	37.90	42.206	-4.306	-2.33	R
212	38.70	42.688	-3.988	-2.16	R
227	37.60	42.045	-4.445	-2.41	R
247	42.20	44.888	-2.688	-1.46	X
248	44.10	44.756	-0.656	-0.36	X
249	43.50	44.993	-1.493	-0.81	X
254	36.20	40.405	-4.205	-2.28	R
286	38.80	42.570	-3.770	-2.04	R
300	43.90	45.308	-1.408	-0.77	X
322	36.50	41.450	-4.950	-2.68	R
357	39.400	40.003	-0.603	-0.33	X
374	45.10	44.772	0.328	0.18	X
380	41.90	44.654	-2.754	-1.50	X
396	36.20	41.087	-4.887	-2.65	R
414	42.50	44.726	-2.226	-1.21	X
420	37.50	40.004	-2.504	-1.36	X
425	38.50	42.491	-3.991	-2.16	R
429	38.60	42.790	-4.190	-2.27	R
455	36.60	41.226	-4.626	-2.51	R
461	43.40	44.982	-1.582	-0.86	X

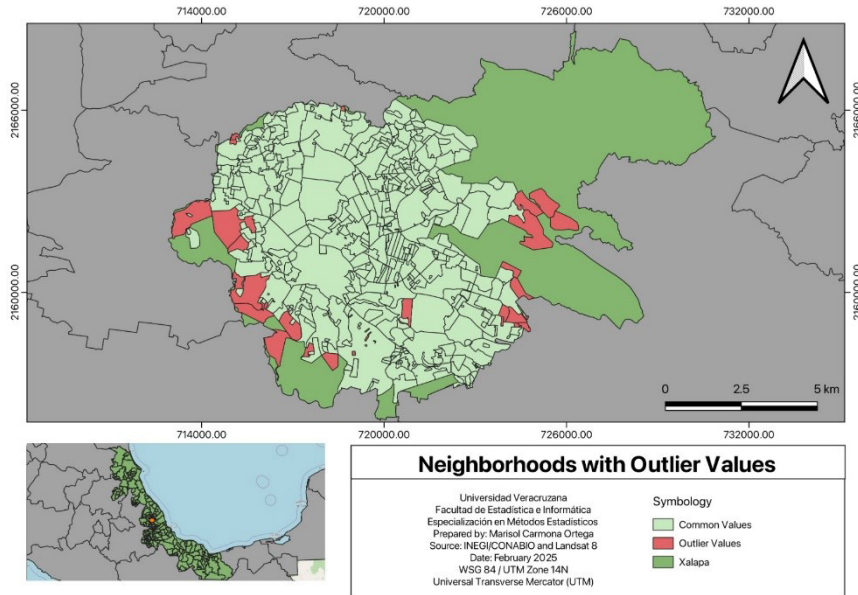
These residues are observed in the residual analysis graphs of the Regression Model under the principles of normality, homoscedasticity and independence, where the values that do not fit the normality of the model are also observed and cause the prediction to not fit a significant value.

Figure 4 Residual plots of the Linear Regression Model



This residual analysis establishes a map showing the 30 observations that differ from normality. Spatially, it is observed that they are located in the peri-urban areas of the urban sprawl. Geographically, these are areas with different characteristics than the central areas due to the amount of vegetation that can influence this arrangement, even though the altitude responds to the theory of temperature gradients.

Figure 5. Map of neighborhoods with outliers



By observing these spatial characteristics, the SLRM is run again, extracting the 30 atypical observations, obtaining the following regression equation and a coefficient of determination value that rose to 27.33%.

Table 7. Simple linear regression equation value

Regression equation
LST Promedio = 61.17- 0.01372 MSNM

Table 8. Summary of SLRM temperature vs. MASL

Model Summary			
S	R-Square	R-Square (adjusted)	R-Square (Predicted)
1.65574	27.33%	27.17%	26.74%

Based on this model, the results obtained by the model with only 448 observations are placed, both from the analysis of variance and from the coefficients of the second model.

Table 9. Analysis of Variance of Average LST vs. MSNM

Variance analysis					
Source	Source	Source	Source	Source	Source
Regression	1	459.88	459.884	167.75	0.000
MASL	1	459.88	459.884	167.75	0.000
Error	446	1222.69	2.741		
Lack of fit	441	1208.83	2.741	0.99	0.590
Pure error	5	13.87	2.773		
Total	448	1682.58			

Table 10. Table of coefficient values

Coefficients					
Term	Coefficient	Coefficient	T Value	P Value	Variance Inflation Factor
Constant	61.17	1.44	42.33	0.000	
MASL	-0.01372	0.00106	-12.95	0.000	1.00

Finally, the appearance of 21 new atypical data based on the second linear regression model is observed in the residuals.

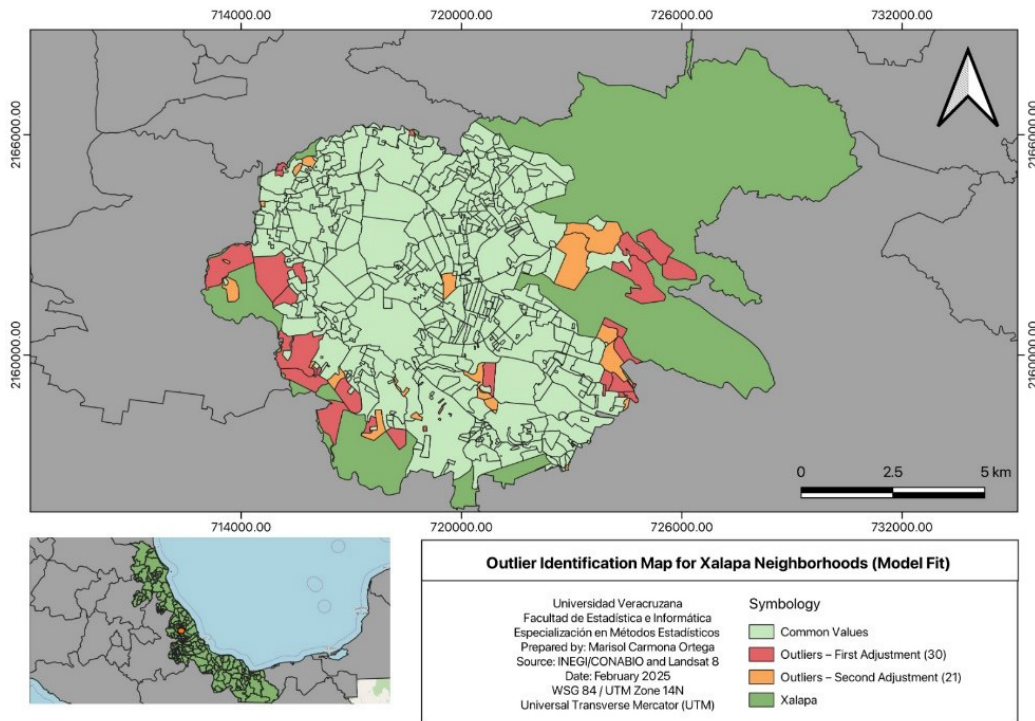
Table 11. Analysis of outliers based on the second regression model

Observation	Average LST	Adjustment	Residue	Standardized Residue	Waste type R X
13	38.600	42.034	-3.434	-2.08	R
59	44.000	44.906	-0.906	-0.55	X
64	38.600	42.441	-3.841	-2.32	R
94	39.600	40.137	-0.537	-0.33	X
102	38.700	42.523	-3.823	-2.31	R
103	39.000	40.215	-1.215	-0.74	X
132	38.300	41.867	-3.567	-2.16	R
167	39.000	42.827	-3.827	-2.31	R
195	38.900	42.790	-3.890	-2.35	R
218	39.600	42.925	-3.325	-2.01	R
222	45.400	41.949	3.451	2.09	R
239	41.000	44.408	-3.408	-2.07	R
252	38.900	42.449	-3.549	-2.15	R
276	44.400	44.818	-0.418	-0.25	X
361	37.200	40.873	-3.673	-2.23	R
381	39.500	42.894	-3.394	-2.05	R
391	45.400	44.866	0.534	0.32	X
398	43.300	44.779	-1.479	-0.90	X
447	39.400	42.764	-3.361	-2.03	R
469	39.100	42.664	-3.564	-2.15	R
474	42.800	44.768	-1.968	-1.20	X

Table 11 shows that the outliers are represented by large, negative residuals, suggesting that they are observations located far below the mean of the group analyzed. This result is mapped again in the town of Xalapa, and it is observed that the majority maintain the spatial pattern of peripheral areas, while 7 values are located within the urban sprawl, corresponding to parks and wooded areas, as shown in figure 6.

Given these results, the MRLS is run once more, extracting the 51 atypical data obtained in the two previous models, showing that the Coefficient of Determination rose to

Figure 6. Outlier identification map for Xalapa neighborhoods (model fit)



29.91% but no longer by the same amount as before, obtaining the following regression equation.

Table 12. Summary of SLRM temperature vs. MASL

Model Summary			
S	R-Square	R-Square (adjusted)	R-Square (predicted)
1.55504	29.91%	29.74%	29.27%

Table 13. Value of the simple linear regression equation

Regression equation
LST Promedio = 61.84- 0.01413 MASL

As can be seen in figure 7, the normal line remains negative and in this third model the atypical data that were below the arithmetic mean disappear, specifically in high areas whose temperature values did not fit the gradient expected in the model.

The ANOVA analysis of the 427 data in the Model is performed again and it is also observed that 15 atypical observations appear based on the model residuals whose indication continues to show large distances with respect to the mean.

Figure 7. Average LST residue graph vs. MASL

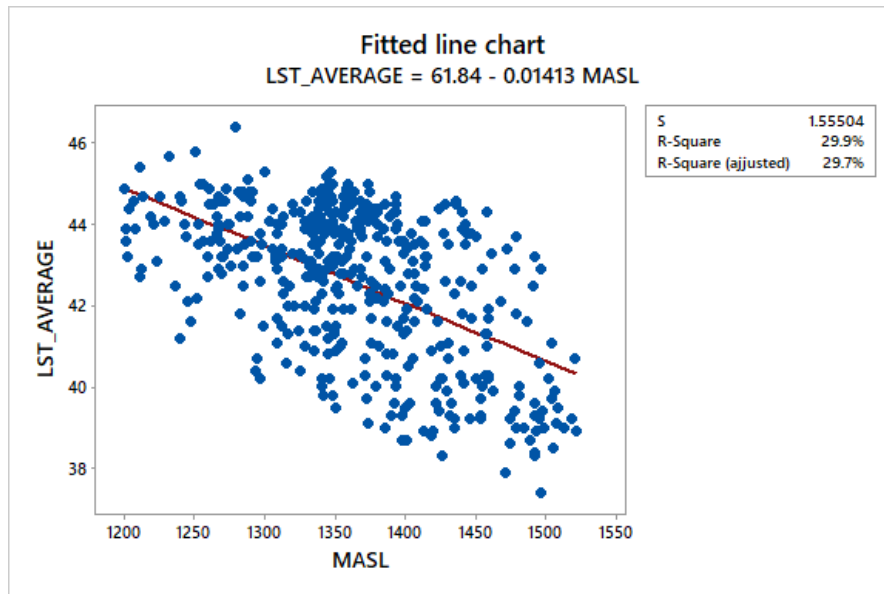


Table 14. Table of coefficient values

Coeficientes					
Term	Coefficient	Coefficient	T Value	P Value	Variance inflation factor
Constant	61.84	1.43	43.18	0.000	
MASL	-0.01413	0.00105	-13.47	0.000	1.00

Table 15. Analysis of variance for average LST vs. MASL

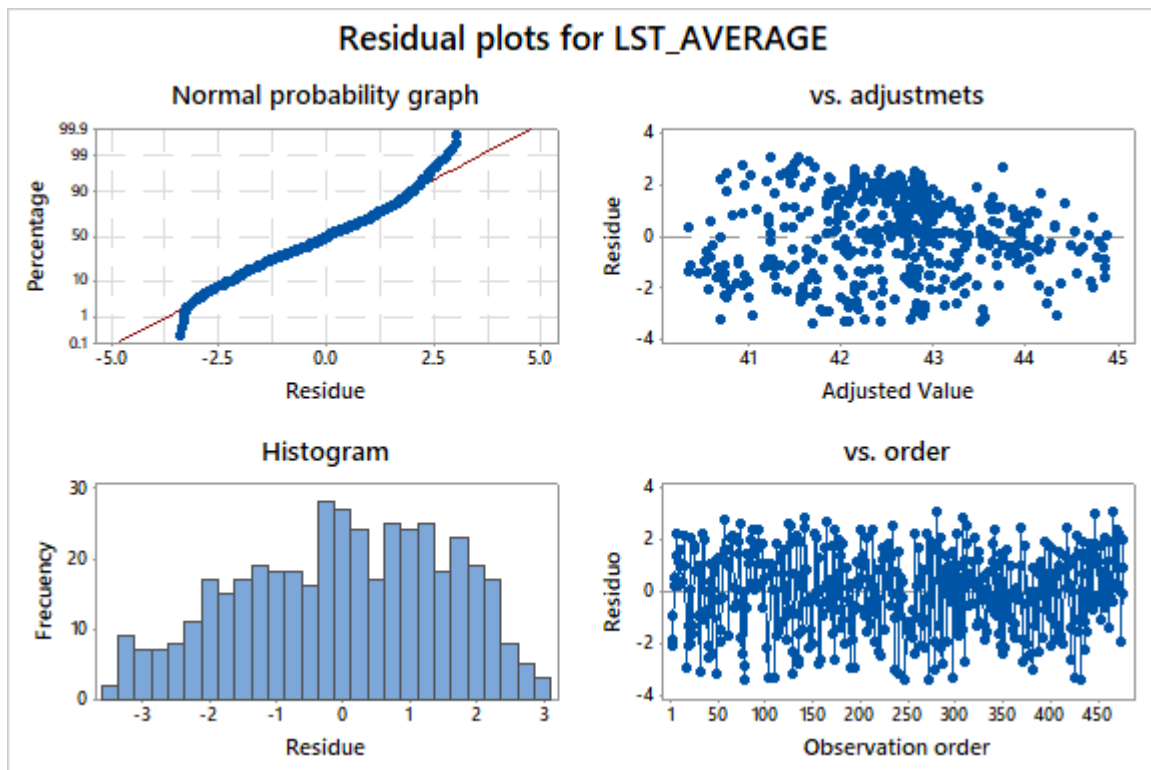
Variance analysis					
Source	Source	Source	Source	Source	Source
Regression	1	438.50	438.503	181.34	0.000
MASL	1	438.50	438.503	181.34	0.000
Error	425	1027.71	2.418		
Lack of fit	420	1013.84	2.414	0.87	0.666
Pure error	5	13.87	2.773		
Total	427	1466.21			

Table 16. Residual analysis of the 3rd simple linear regression model

Observation	Average LST	Adjustment	Residue	Standardized Residue	Waste type R X
48	40.400	43.570	-3.170	-2.04	R
76	44.900	44.898	0.002	0.00	X
77	38.700	42.087	-3.387	-2.18	R
104	37.400	40.693	-3.293	-2.13	R
110	40.200	43.516	-3.316	-2.14	R
128	37.900	41.051	-3.151	-2.03	R
240	41.200	44.336	-3.136	-2.03	R
246	38.300	41.694	-3.394	-2.19	R
259	43.900	44.870	-0.970	-0.63	X
273	38.700	32.040	-3.340	-2.15	R
298	39.000	42.255	-3.255	-2.10	R
304	43.200	44.858	-1.658	-1.07	X
384	43.600	44.877	-1.277	-2.83	X
426	39.500	42.754	-3.254	-2.10	R
433	39.100	42.436	-3.336	-2.15	R

Finally, the graph of normality, independence and homoscedasticity of the residuals is presented, which shows that the atypical patterns in the model are maintained.

Figure 8. MRLS graph of average LST vs. MASL



Discussions

The Simple Linear Regression Model was only run three times because a pattern was observed in the analysis where data exclusion did not significantly improve the presented model. In the third model, 51 of the 478 data points were omitted, equivalent to 10.61% of the observations, and the Coefficient of Determination increased from 23% to 29%, still showing little correlation in MRLS.

It is observed that the 15 observations from the third model that appeared in the residuals can be further excluded, which would represent 13.8% of the observed data. This could increase the value of the Coefficient of Determination, but it is assumed that it would not increase exponentially, and that, as outliers are continued to be excluded, the model begins to lose significance due to the number of statistical subjects excluded.

It is assumed that the model can be improved by segmenting the strata into specific areas with similar characteristics, and perhaps each model, by altitude stratum, can demonstrate greater significance within each interval of meters above sea level. However, the model's value is considered low due to the dispersion of the data below the arithmetic mean. However, spatial characteristics within the city can contribute to the improvement of the model if the geographic measurements of longitude and latitude are considered to center the neighborhoods within the Xalapa City.

It should be noted that, although the Coefficient of Determination is low, which does not explain a good model, the null hypothesis is rejected, so correlation is assumed. However, this cannot be explained in detail with a Simple Linear Regression equation. This can determine certain patterns within the scatter plot that can be analyzed independently.

Conclusions

Cities have increased their average temperatures as a result of climate change. However, heat stratification is not homogeneous in each neighborhood within the city itself, so temperatures vary depending on different variables. One of these is altitude, which represents a temperature gradient based on the fact that the lower the altitude, the hotter the area, and the higher the altitude, the lower the temperature.

This theoretical approach has been studied in most inhabited areas, but in this case, it shows that, although the behavior tends to occur in the manner mentioned above, it is difficult to systematize the prediction of a model that represents all the thermal qualities of the neighborhoods in the Xalapa City into an equation. The Simple Linear Regression Model, as a statistical tool, is an adequate way to model the behavior of a paired correlation between Average Temperature and Altitude, however, based on its P-Value, ANOVA and Residual Analysis validations, a series of outliers are expressed

that make the Coefficient of Determination low and make it difficult to predict a single model.

This work meets the stated objective since it was possible to model, represent and validate the existing elevation between height and temperature, although the proposed hypothesis is rejected since the model also shows little elevation, so in future works other variables will be available that will help define the temperature change in Xalapa. The study of assumptions represents a statistical way of determining the model's conditions; however, two criteria are questioned. The first is that when mapped in a cartogram, conditions are determined that can influence temperature through other geographic coordinates, which can influence the construction of a Multiple Linear Regression Model that helps determine a better expression of the model. The second criterion is to be able to segment the heights of the scatter plot into three strata in order to evaluate each segment of the model and thereby search for microbehaviors that can better define each surface in the study area, thus finding possible spatial patterns that determine causes of data behavior; and this, in turn, can improve regression models in future studies.

References

- Avid Nava, E. M., & Winfield Reyes, F. N. (2023). Evaluar la resiliencia climática desde su correlación con las redes verdes urbanas. Aplicación en Zona Coyol, Veracruz, México. E-RUA, 100-111. doi:<https://doi.org/10.25009/e-rua.v15i03.198>
- Boyles, J. C., Levesque, D. L., Nowack, J., Wojciechowski, M. S., Stawski, C., Fuller, A., & Smit, B. (2019). Efficiency and its bounds for thermal engines at maximum power using Newton's law of cooling. *Journal Ecology & Evolution*, 12020-12025. doi: <http://doi.10.1002/ece3.5721>
- Carrollo Limeres, C. (03 de Mayo de 2020). Departamento de estadística e investigación operativa. Obtenido de http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_%20simple_2011_12.pdf
- Climate Promise. (06 de Junio de 2024). Las ciudades tienen un rol clave en la lucha contra el cambio climático: he aquí el porqué. Obtenido de Climate Promise: <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/las-ciudades-tienen-un-rol-clave-en-la-lucha-contra-el-cambio-climatico-he-aqui-el#:~:text=Aumento%20del%20nivel%20del%20mar%20y%20mayor%20riesgo%20de%20inundaciones,ciudades%20en%20todo%20el%20mundo.>
- Conde Álvarez, C., & Luyando López, E. (06 de Septiembre de 2021). Ciudades y cambio climático. Obtenido de <https://www.atmosfera.unam.mx/ciudades-y-cambio-climatico/#:~:text=El%20clima%20urbano%20se%20caracteriza,comparaci%C3%B3n%20con%20los%20alrededores%20rurales.>
- eltiempo. (02 de febrero de 2025). Obtenido de <https://www.eltiempo.es/noticias/meteopedia/gradiente-de-temperatura>
- Lemoine Rodríguez , R., & MacGregor Fors, I. (12 de abril de 2024). Ciencia y Luz | Los desafíos climáticos de Xalapa. *Diario de Xalapa*. Recuperado el 28 de Febrero de 2025, de <https://oem.com.mx/diariodexalapa/ciencia-y-salud/ciencia-y-luz-los-desafios-climaticos-de-xalapa-13419047>
- Lemoine Rodriguez, R., Inostroza, L., Falfán, I., & McGregor Fors, I. (2022). Too hot to handle? On the cooling capacity of urban green spaces in a Neotropical Mexican city. *Urban Forestry & Urban Greening*. doi:10.1016/j.ufug.2022.127633
- Marco San Juan, F. J. (28 de abril de 2020). *economipedia.com*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/hipotesis-nula.html>
- Ojeda Misses, M. A., & González López , J. C. (2023). Simulación numérica del control de temperatura para un modelo de parámetros concentrados obtenido de la ley de enfriamiento de Newton. *Ongeniería Investigación y tecnología*, XXIV, 1-9. doi:<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.3.020>
- Ojeda Ramírez, M. M. (2000). *Modelación de Regresión*. Xalapa Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Rezende, E., & Bacigalupe, L. (2015). Thermoregulation in endotherms: physiological principles and ecological consequences. *Journal of Comparative Physiology*

- B: Biochemical, Systemic & Environmental Physiology, 709-772. doi:<http://doi.10.1007/s00360-015-0909-5>
- Soto Soto, J. E., Garzon Barrero, J., & Jiménez Cleves, G. (2020). Análisis de islas de calor urbano usando imágenes Landsat: caso de estudio Armenia-Colombia 1996-2018. *Espacios*, 9-23.
- Wang, J., Kochan, O., & Su, J. (2019). Information-measuring System to Study the Thermocouple with Controlled Temperature Field. *Measurement Science Review*, 161-169. doi: <https://doi.org/10.2478/msr-2019-0022>

Análisis geoestadístico del colapso de partidos políticos en México de 2000 a 2024

Geostatistical analysis of the collapse of political parties in Mexico from 2000 to 2024

Angel Fernando Argüello Ortiz¹

Resumen: El comportamiento del voto ha impactado en los cambios presidenciales y partido gobernante, marcando eventos angulares de la democracia que, por un lado, impulsaron la transición política, creación de nuevas corrientes de pensamiento, asociaciones y partidos políticos, y por otro lado, provocaron la desaparición de partidos políticos debido a la reforma electoral de 2014. Mediante una radiografía geoespacial del comportamiento de las votaciones presidenciales de 2000 a 2024, por sección electoral y bajo un análisis de autocorrelación espacial se identificaron patrones de asociación de la preferencia política; junto con una dinámica particular en la emisión del voto, registrando cambios en la preferencia ciudadana y la decadencia de asociaciones políticas. Se concluye que, en la medida en que los partidos políticos registren altos porcentajes de votación por sección electoral y estén asociados con sus vecinos, podría considerarse una condición de aceptación, en caso contrario, estarían en posibilidad de un colapso.

Palabras clave: geoestadística, autocorrelación espacial, político-electoral.

Abstract: The voting behavior has impacted presidential changes and governing party, marking angular events of democracy that, on one hand, drove political transition, creation of new currents of thought, associations and political parties, and on the other hand, caused the disappearance of political parties due to the electoral reform of 2014. Through a geospatial radiography of presidential voting behavior from 2000 to 2024, by electoral section and under a spatial autocorrelation analysis, patterns of political preference association were identified; along with a particular dynamic in vote casting, recording changes in citizen preference and the decline of political associations. It is concluded that, to the extent that political parties register high percentages of votes by electoral section and are associated with their neighbors, it could be considered a condition of acceptance; otherwise, they would be in possibility of collapse.

Keywords: geostatistics, spatial autocorrelation, political-electoral.

¹ Docente de tiempo completo de la Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana: aarguello@uv.mx.

Introducción

El sistema político mexicano ha visto una dinámica constante con la creación de nuevos partidos, muchos de los cuales han tenido permanencia efímera, perdiendo su registro en procesos electorales posteriores al no cumplir con el umbral mínimo de votos requerido, sin embargo, algunos partidos políticos han emergido como fuerzas significativas dentro del panorama político nacional.

Desde el año 2000 hasta el 2024, el sistema de partidos políticos en México ha experimentado varios cambios importantes, incluyendo la creación de nuevos partidos y la pérdida de registro de otros, debido a no alcanzar el umbral mínimo de votos requerido. Algunos de ellos lograron consolidarse, mientras que otros, han desaparecido del panorama político tras no alcanzar los resultados necesarios en las urnas.

Con el objetivo de estimar el nivel de autocorrelación espacial del comportamiento electoral en México por sección electoral para la identificación de patrones de asociación de la preferencia electoral, en este estudio se analiza y explica desde un enfoque geoestadístico el comportamiento de la extinción y posible desaparición de alguno o algunos de los diferentes partidos políticos, dada su representación en las urnas al momento de las votaciones en los procesos electorales presidenciales; para lo cual se emplearon las técnicas del Índice de Moran y el Índice de Moran local con el apoyo de recursos electrónicos y software como Geoda (Anselin, 2024) y ArcMap (ESRI, 2022); y a pesar de que ambas aportan elementos significativos para determinar el nivel de autocorrelación, la primera, responde al planteamiento sobre la existencia de un patrón de agrupación o de un comportamiento aleatorio (Moran P. A., 1950); mientras que la segunda, estima, en caso de existir, patrones de agrupación y tipo de patrones (Anselin, 1995); por lo que, de manera conjunta, ambas técnicas representan un enfoque claro y explícito del comportamiento geoespacial de los procesos electorales; en este sentido, se identificó que 7 de los 11 partidos políticos que desaparecieron, a partir del año 2000 y hasta el año 2024, participaron en por lo menos una elección presidencial y más aún, que registraron diferentes niveles de representación en el voto electoral.

Problema

El comportamiento del sistema político electoral en México registró una transformación significativa a partir del año 2000, la cual representó un punto de inflexión en la historia democrática y política nacional, dando paso a una transición democrática con el cambio de partido gobernante (Woldenberg, 2012) y reconfigurando el sistema de partidos políticos con la transformación de los patrones de votación y representación partidista (Crespo, 2018), originando cambios en la dinámica electoral a nivel nacional, estatal

y municipal en México, y visualizando un posible escenario del colapso de partidos políticos en los diferentes procesos de elección presidencial.

Las estrategias de los partidos políticos en época electoral pueden considerarse complejas y multidimensionales, que culminan con el triunfo o la pérdida de escaños en las diferentes contiendas electorales, que pueden ser analizados con base en la cantidad de votos registrados a nivel de sección electoral, imprimiendo un dinamismo a la supervivencia partidista basada en umbrales específicos de votación y en la legislación electoral de la reforma política de 2014 que especifica el cumplimiento de obtener por lo menos el 3% de la votación válida para conservar su registro nacional y no caer en un colapso (Ordóñez, 2024). Dichas estrategias se basan en diferentes aristas, considerando la identificación social de los partidos políticos, las conductas y actitudes políticas, la socialización de ideales partidistas, valoración de candidatos, distribución geográfica, y la evaluación prospectiva y política, coaliciones electorales y regionalización de las campañas que, a su vez, impactan en la preferencia política ciudadana durante los procesos electorales, que para este caso se basa en los presidenciales, indicando que una alta cantidad de votos por sección electoral es determinante. Primero, para mantener el registro y segundo, para obtener el triunfo en las urnas; por otro lado, una baja cantidad de votos dará como resultado la derrota y, en determinado caso, pérdida del registro.

Fundamentación teórica

La transición democrática en México es resultado de las dos reformas políticas electorales: la de 1977 y la de 2014, junto con las modificaciones constitucionales actuales que han reestructurado los mecanismos de competencia electoral y trazado el rumbo que han tomado los partidos políticos; por un lado, la reforma política de 1977 permitió definir los partidos políticos como entidades de interés público, legalizando los partidos de izquierda; entre ellos, el Partido Comunista Mexicano (PCM), creando el sistema de representación proporcional en la Cámara de Diputados, financiamiento público de los partidos políticos y la creación de la Ley Federal de Organizaciones Políticas y Procesos Electorales y, por otro lado, la reforma política de 2014 es parte fundamental del análisis de este trabajo, ya que uno de los principales cambios fue el aumento del número de votos obtenidos por los partidos políticos al pasar del 2% al 3% para conservar el registro.

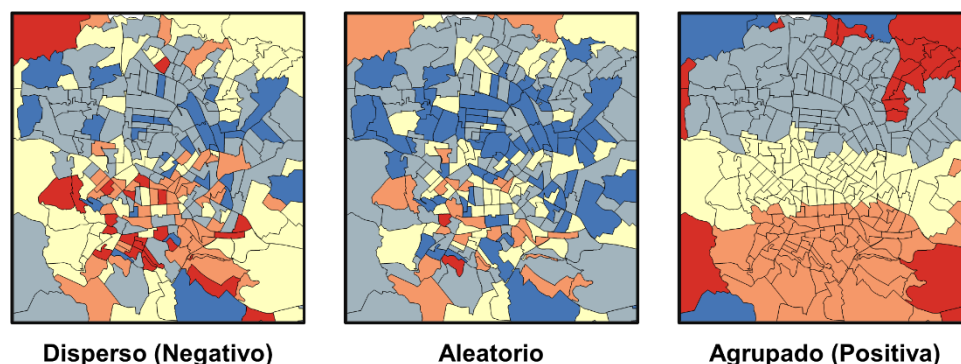
El Instituto Federal Electoral se transforma en el Instituto Nacional Electoral incluyendo una serie de aspectos determinantes como la creación del sistema nacional de elecciones, regulación de las candidaturas independientes, la paridad de género en las candidaturas, la reelección en el poder legislativo; por mencionar algunos de los aspectos que modificaron la estructura y procesos administrativos de las autoridades electorales y, al mismo tiempo, amplió los derechos político-electorales de México.

Bajo el enfoque de la transición democrática, se registra en México la primera alternancia en el poder derivada de la victoria de Vicente Fox Quezada como candidato del Partido Acción Nacional (PAN) a la presidencia de la República Mexicana en el año 2000, iniciando en México una transición hacia la democracia y dando fin al periodo de 71 años de la hegemonía del Partido Revolucionario Institucional (PRI), perfilando una serie de transformaciones en las decisiones de la sociedad al momento de emitir su voto y sentando las bases para la configuración de un sistema electoral que se consolidó con la reforma política del año 2014; sin embargo, los diversos factores relacionados con los antecedentes políticos territoriales o locales, el ejercicio gubernamental de la administración saliente, la cobertura de campaña entre partidos y candidatos, el nivel de impacto entre los electores; por ejemplo, son determinantes en el éxito o fracaso electoral; por lo que, mediante la búsqueda de patrones espaciales de la votación se logra la identificación de fortalezas y debilidades de los partidos y candidatos presidenciales.

Metodología aplicada

La investigación se basa en un enfoque geoestadístico para analizar las dinámicas electorales mediante la estimación de autocorrelación espacial e identificación de patrones sobre la preferencia política, analizando el comportamiento de la votación ciudadana en los procesos electorales de 2000 a 2014 a nivel de sección electoral, con base en el Índice de Moran global (IMG) y el Índice de Moran local (IML) o también conocido como índice local de Moran, estas técnicas son de utilidad para explicar el comportamiento de la distribución geográfica del voto y los tipos de relaciones entre sí; esto es, mediante el IMG se estima la presencia o ausencia de autocorrelación espacial tomando valores entre -1 y 1 (Chasco, 2003), cuando el resultado corresponde a un valor positivo, indica que una unidad con valor alto está rodeada de unidades con valores altos; un valor cercano a cero del índice indica que una unidad con valor bajo está rodeada de valores bajos, y un valor negativo se considerará como un valor atípico en el que una unidad está rodeada por unidades con valores diferentes.

Figura 1. Valores de autocorrelación espacial



Mediante el IML se obtienen estimaciones poligonales del nivel de autocorrelación espacial que explican el nivel de asociación entre las unidades espaciales con las unidades vecinas, el nivel de significancia y en caso de existir, se crean clústeres espaciales.

La estimación de autocorrelación espacial mediante el estadístico del Índice de Moran (Moran, 1948), se obtiene mediante:

$$I = \frac{n}{S_0} * \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2}$$

Donde:

z_i es la desviación $(x_i - \bar{x})$ de un atributo para la característica i a partir de su media

w_{ij} es el peso espacial entre los elementos ij ,

n es el número de elementos

S_0 es el valor agregado de todos los pesos espaciales, y en este caso,

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

Los valores z_i se estiman como:

$$z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}}$$

para:

$$E[I] = \frac{-1}{(n - 1)}$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2$$

La información utilizada corresponde a los resultados oficiales del Instituto Nacional Electoral (INE) de las elecciones presidenciales del 2000 al 2024 obtenidos del Sistema de Consulta de la Estadística de las Elecciones (Instituto Nacional Electoral (INE), 2024a) para las elecciones de los años 2000, a 2018, junto con los resultados de los Cómputos Distritales 2024 (Instituto Nacional Electoral (INE), 2024b) para la elección del año 2024; los cuales fueron tratados mediante análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE), técnica indispensable para el manejo, procesamiento, análisis y

visualización de datos espaciales o geográficos para el estudio de la variabilidad y/o continuidad de variables espacialmente distribuidas (De Corso, 2017).

En este sentido y bajo la consideración de vecindad entre las unidades de estudio, a través del índice de Moran, se plantea la siguiente hipótesis de investigación:

H0: $IMG = 0$, No existe autocorrelación espacial entre las unidades de estudio bajo la característica de interés.

vs

H1: $IMG \neq 0$, Sí existe autocorrelación espacial entre las unidades de estudio bajo la característica de interés.

Para sustentar el nivel de significancia se estableció un valor de referencia de $\alpha=0.05$, considerando que, cuando el valor de probabilidad sea mayor que 0.05, no existirá evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y, por lo tanto, se asume que la distribución de las unidades de estudios se realiza de manera aleatoria; en caso contrario, si el valor de probabilidad es menor o igual que α se concluye que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y se asume autocorrelación espacial entre las unidades de estudio; es decir, que no se distribuyen aleatoriamente las unidades de estudio y se procede a identificar el patrón de comportamiento de los datos en caso de que sea disperso o agrupado.

Resultados

Bajo la premisa de que los análisis realizados inician en el año 2000, se consideró la información de los partidos políticos que participaron en, al menos, una contienda de elección presidencial a partir de ese año, por lo que se identificaron 8 partidos políticos que desaparecieron (ver tabla 1).

Tabla 1 Partidos políticos que perdieron el registro del año 2000 al 2024 en elecciones presidenciales. Nota: Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional Electoral (2024)

	Año de registro	Año de pérdida del registro	Elecciones	Años de elecciones
Partido Auténtico de la Revolución Mexicana (PARM)	1954	2000	7	1958, 1964, 1970, 1976, 1982, 1988, 1994.
Partido Popular Socialista (PPS)	1948	2000	8	1952, 1958, 1964, 1970, 1976, 1982, 1988, 1994.
Partido de Centro Democrático (PCD)	1997	2000	1	2000
Partido Alianza Social (PAS)	1998	2000	1	2000
Partido Alternativa Socialdemócrata y Campesina (PASDC) / Partido Socialdemócrata	2005	2009	1	2006 (como Alternativa Socialdemócrata).
Partido Nueva Alianza (PNA)	2005	2018	2	2006, 2012.
Partido Encuentro Social (PES)	2014	2018	1	2018 (en coalición con Morena y PT).
Partido de la Revolución Democrática (PRD)	1989	2024*	6	1994, 2000, 2006, 2012, 2018, 2024

Adicionalmente, se identificaron 5 partidos que se crearon entre los años 2002 y 2020 y perdieron el registro nacional sin haber participado en elecciones presidenciales (ver tabla 2).

Tabla 2 Partidos políticos que perdieron el registro del año 2000 al 2024 en elecciones intermedias
Nota: Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional Electoral (2024).

	Año de registro	Año de pérdida del registro
Partido México Posible (PMP)	2002	2003
Partido Socialdemócrata (PSD)	2005	2009
Partido Humanista	2014	2015
Redes Sociales Progresistas (RSP)	2020	2021
Fuerza por México (FXM)	2020	2021

Derivado de la transición democrática del año 2000, la contienda electoral, en los procesos electorales presidenciales e intermedios, se transformó significativamente, dado que, durante los últimos 25 años, se han conformado una serie de coaliciones de partidos políticos, como parte de las estrategias políticas para maximizar los votos de los partidos que las integran y para obtener el triunfo electoral en las contiendas (ver tabla 3). Estas coaliciones se han conformado anteponiendo principios, valores, militantes, ideologías y rivalidades de los partidos políticos participantes y han influido significativamente en la decisión del voto en las elecciones presidenciales, con diversos acuerdos y estrategias políticas; tal es el caso de los partidos políticos que perdieron el registro a pesar de haber formado parte de una coalición o que incrementaron su nivel de aceptación ciudadana.

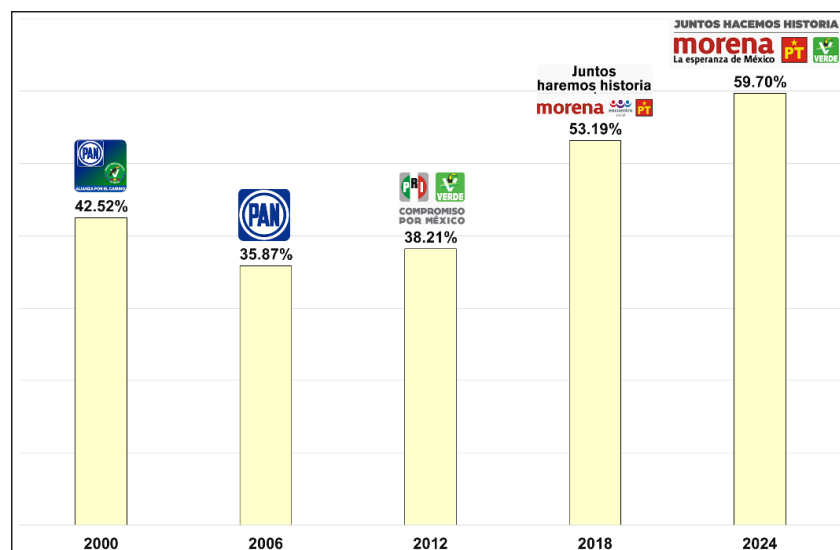
Tabla 3 Coaliciones de partidos políticos por elección presidencial de 2000 a 2024. Nota: Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional Electoral (2024)

Elección presidencial 2000	
Coalición Alianza por el Cambio: PAN y PVEM. Candidato: Vicente Fox Quezada (PAN), quien ganó la presidencia con el 42.52% de los votos. Coalición Alianza por México: PRD, PT, Convergencia, PSN, PAS. Candidato: Cuauhtémoc Cárdenas (PRD). PRI: El PRI no formó coalición en 2000. Candidato: Francisco Labastida.	
Elección presidencial 2006	
Coalición Por el Bien de Todos: PRD, PT, Convergencia. Candidato: Andrés Manuel López Obrador (PRD). Coalición Alianza por México: PRI, PVEM. Candidato: Roberto Madrazo (PRI). PAN: El PAN no formó coalición en 2006. Candidato: Felipe Calderón, quien ganó la presidencia con el 35.87% de los votos.	

Elección presidencial 2012	
Coalición Movimiento Progresista: PRD, PT, Movimiento Ciudadano. Candidato: Andrés Manuel López Obrador (PRD). Coalición Compromiso por México: PRI, PVEM. Candidato: Enrique Peña Nieto, quien ganó la presidencia con el 38.21% de los votos. PAN: El PAN no formó coalición. Candidata: Josefina Vázquez Mota.	
Elección presidencial 2018	
Coalición Juntos Haremos Historia: Morena, PT, PES. Candidato: Andrés Manuel López Obrador, quien ganó la presidencia con el 53.19% de los votos. Coalición Por México al Frente: PAN, PRD, Movimiento Ciudadano. Candidato: Ricardo Anaya (PAN). Coalición Todos por México: PRI, PVEM, Nueva Alianza. Candidato: José Antonio Meade (PRI).	
Elección presidencial 2024	
Coalición Va por México: PAN, PRI, PRD. Candidata: Xóchitl Gálvez (PAN). Coalición Juntos Hacemos Historia: Morena, PT, PVEM. Candidata: Claudia Sheinbaum (Morena) quien ganó la presidencia con el 59.7% de los votos según resultados preliminares. Movimiento Ciudadano: No formó coalición. Candidato: Jorge Álvarez Máynez.	

La participación ciudadana en los procesos electorales de 2000 a 2024 registró tanto disminuciones como aumentos, sobresaliendo el incremento más significativo entre 2012 y 2024 con un 21.49%, identificándose la mayor votación en 2024 con el 59.7%.

Figura 2. Coalición/partido político ganador por elección presidencial 2000-2024



Durante el periodo de estudio, se identificó que las coaliciones, las ideologías de los partidos y de las mismas coaliciones, las rivalidades y las alternancias entre partidos políticos cambiaron significativamente, reflejando en el año 2000 la transición del sistema político mexicano desde un régimen hegemónico hacia una democracia, perfilándose en 2024 hacia una nueva etapa de predominio partidista. Estas coaliciones son un referente importante del cambio para la democracia del país, que han reflejado ideales afines entre partidos políticos y disolución de rivalidades políticas que han favorecido tanto a la ciudadanía, como a los partidos políticos, mostrando el lado bizarro de los partidos que los hace adaptables entre ideologías y corrientes políticas por la búsqueda del poder.

Tabla 4 Coaliciones de partidos políticos por elección presidencial de 2000 a 2024

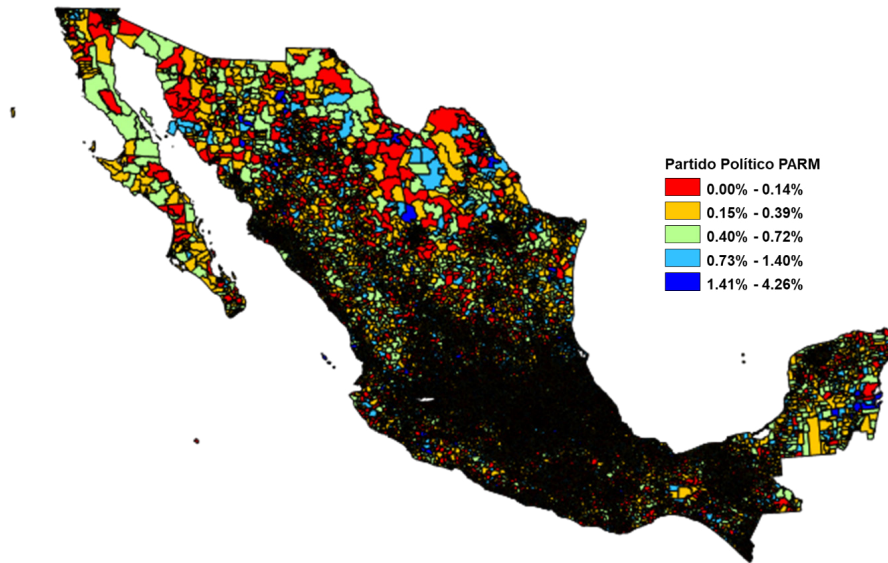
Elección	Ideales afines	Rivalidades
2000	Lucha por una alternancia política. Promesa de cambio democrático	Adaptación de ideales entre partidos de corrientes de pensamiento político diferentes. Oportunismo sin afinidad política. Enfoques de acción política diferentes.
2006	Ideologías similares entre partidos de coalición que se reflejó en favor de la alternancia política.	Cambios pragmáticos de coalición entre partidos rivales. Acentuación de la rivalidad entre partidos de izquierda y derecha.
2012	Sostenimiento de coaliciones de la elección anterior. Cohesión ideológica entre coaliciones.	Confrontación por manejos financieros excesivos. Denuncia de irregularidades.
2018	Unión de partidos de izquierda con partidos conservadores. Apoyo por una alternancia diferente.	Rivalidad entre partidos políticos de izquierda, derecha y conservadores.
2024	Consolidación de alianzas entre partidos políticos. Unión entre partidos con rivalidades añejas en favor de la alternancia.	Enroque de partidos entre coaliciones. Creación de un frente político inédito.

El resultado de la coalición de la elección del año 2000 culminó en un hecho histórico al lograr la alternancia en el poder ejecutivo, a pesar de los ideales y valores entre partidos políticos que coaligaron; en la elección del año 2006 las ideologías similares entre partidos de coalición dieron como resultado una elección muy reñida con una diferencia de tan solo 0.56% entre el primer y segundo lugares. Tras doce años de la transición democrática y repitiendo estrategias de coalición partidista, el PRI regresa al poder, dando muestra de un proceso de alternancia política bajo el cual se ha mantenido México; y que se repite 6 años después con el triunfo del partido político Morena.

El primero de los partidos desaparecidos que forma parte del análisis geoestadístico del colapso político es el PARM, que se fundó en 1954 y participó en 7 elecciones presidenciales, destacando que en las elecciones presidenciales de 1958 a 1982, el PARM participó en alianza con el PRI y para la elección de 1988 cambió al unirse políticamente al Frente Democrático Nacional y, al final, en las elecciones del año 2000 obtuvo el 0.42% de la votación emitida en la elección presidencial, el 0.74% en la de senadores y el 0.73% en la de diputados por ambos principios (INE, 2024b) lo que provocó la pérdida de registro; como se puede apreciar en la distribución del voto

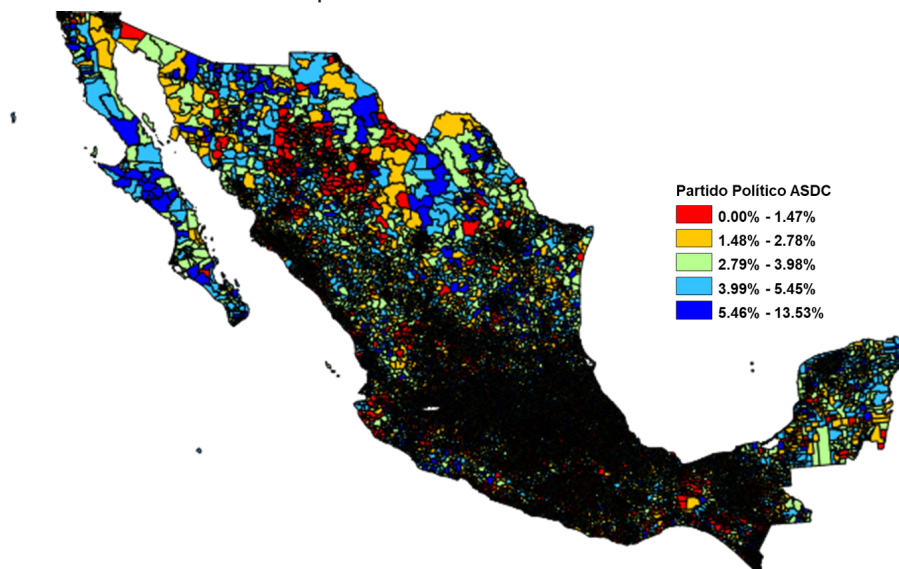
a nivel de sección electoral (figura 3), dado que en el 98.4% de las secciones obtuvo menos del 1.5%.

Figura 3. Porcentaje de votos obtenidos por el PARM por sección electoral en la elección presidencial del año 2000



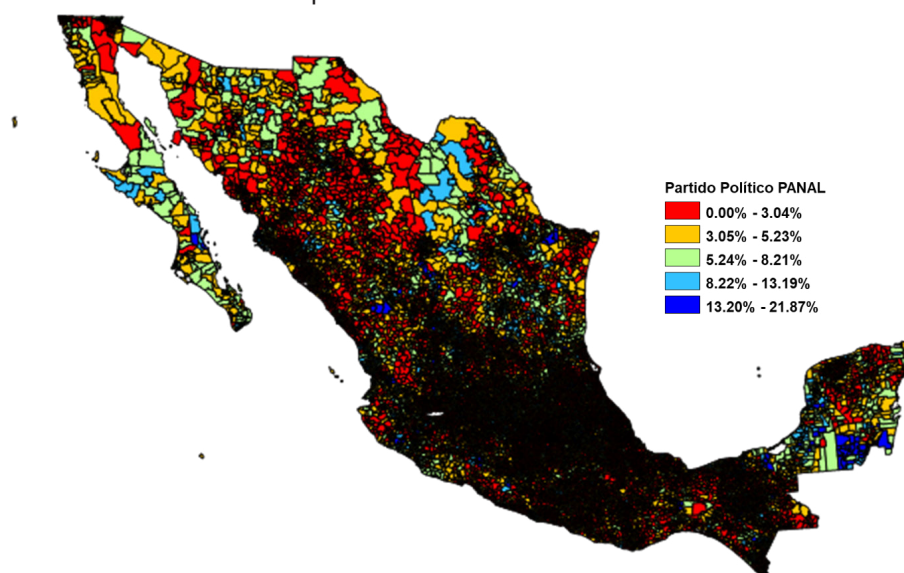
El segundo partido político analizado fue el PASDC, fundado en el año 2005 y que sólo participó en la elección presidencial del año 2006 en la que obtuvo el 2.7% de la votación emitida y en la elección de diputados por ambos principios obtuvo el 1.03% (INE, 2024b); lo cual no impactó a pesar de haber obtenido una participación mayor al 3% de la votación emitida en el 62% de las secciones, provocando su desaparición (figura 4).

Figura 4 Porcentaje de votos obtenidos por el PASDC por sección electoral en la elección presidencial del año 2006



En la elección presidencial del año 2012, el partido político analizado fue el PANAL, fundado en el año 2005 que participó en las elecciones presidenciales de los años 2006, 2012 y 2018, con porcentajes que indicaban altas posibilidades de desaparición, con valores de 0.96%, 2.29% y 1.02% (INE, 2024b), lo que indicaría escasa presencia territorial y baja cantidad de votos que culminarían con la pérdida del registro en el año 2018, aun a pesar de haber participado en la coalición “Todos por México” con el Partido Revolucionario Institucional (PRI) y el Partido Verde Ecologista de México (PVEM), reflejando que alrededor del 80% de las secciones registraron menos del 6% de los votos (figura 5).

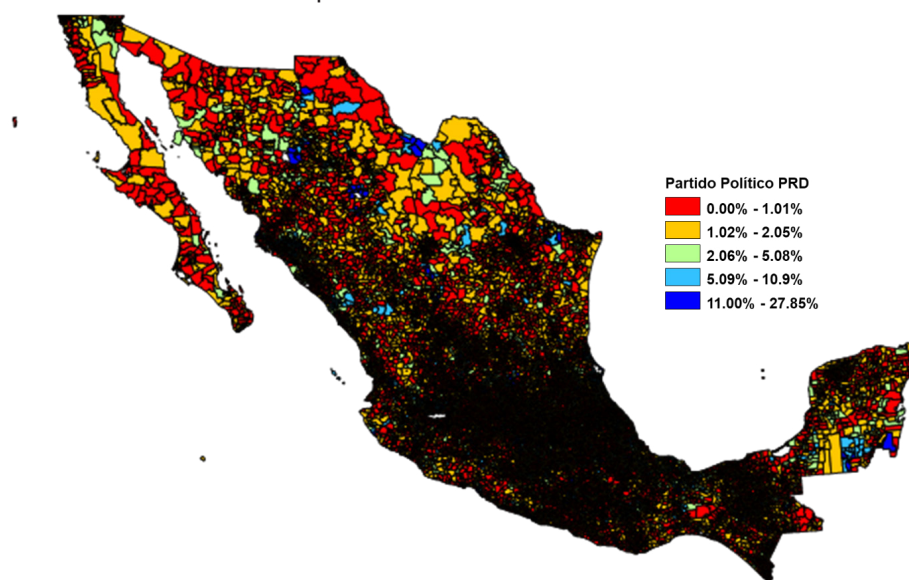
Figura 5 Porcentaje de votos obtenidos por el PANAL por sección electoral en la elección presidencial del año 2012



Apesar de que en el año 2018 los partidos políticos PES y PANAL perdieron el registro, se consideró importante analizar para este periodo el comportamiento de los votos obtenidos por el PRD, tanto para el año 2018 como para 2024, mostrando el resultado tan polémico de la pérdida del registro de un partido político tan representativo en la transición democrática de México y en el rescate de más de un candidato presidencial en diferentes periodos y de cómo la desbandada de militantes por la salida de candidatos y/o creación de asociaciones políticas o partidos políticos impacta en las votaciones. En el proceso electoral del año 2018 se registran las secuelas de cambios de partido, salida de militantes y excandidatos hacia nuevos partidos políticos, y a pesar de que el PRD había registrado en las dos elecciones presidenciales anteriores una representación significativa, ya se anunciaba un declive en la preferencia del voto, al postular un candidato a través de la coalición “Por México al frente” junto con los partidos Movimiento Ciudadano y Acción Nacional, en la que postularon al candidato Ricardo Anaya Cortés. El PRD obtuvo cerca del 3% mediante la coalición; esto reflejó una pérdida grande de votantes, aunado al surgimiento del partido político MORENA que fue la principal fuente de reclutamiento de los militantes y votantes que cambiaron

su decisión. En este sentido, el PRD registró 5% o menos votos en el 94% de las secciones electorales (figura 6), destacando que se da continuidad al proceso de transición democrática en México iniciado en el año 2000 con el triunfo del PAN, posteriormente en el año 2012 con el retorno del PRI y en 2018 con la llegada de Morena.

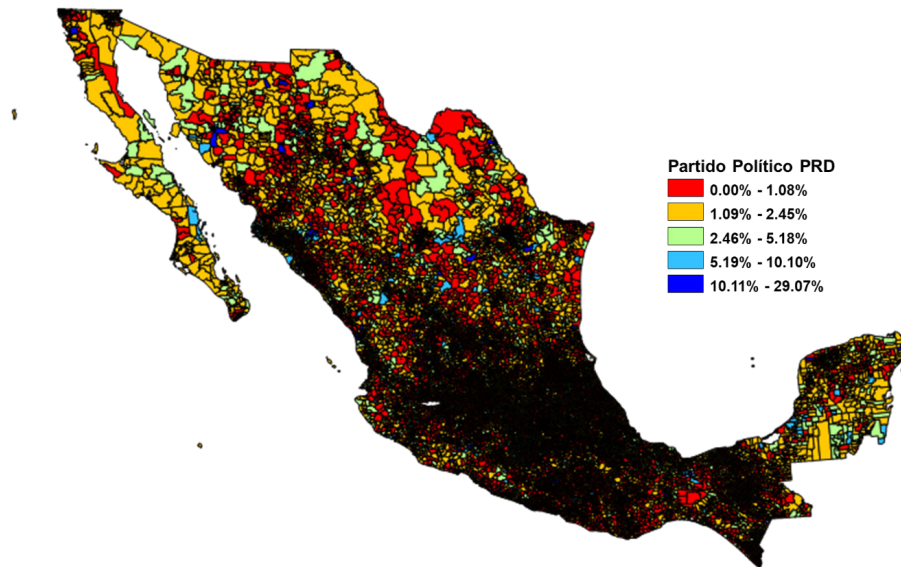
Figura 6. Porcentaje de votos obtenidos por el PRD por sección electoral en la elección presidencial del año 2018



Para el año 2024, continúa el proceso de cambio de partido por parte de los votantes, y se mantiene Morena en el poder; sin embargo, el impacto en el PRD no se detiene y pierde más representación territorial y electoral, obteniendo el 1.91% de la votación emitida en la elección presidencial, el 2.37% en la de senadurías por mayoría relativa, el 2.36% en la de senadurías por representación proporcional, el 2.54% en la de diputaciones por mayoría relativa y el 2.53% en la de diputaciones por representación proporcional (INE, 2024b), lo cual también se identifica en los votos registrados por sección electoral, que en el 82% de estas, se obtuvo menos del 3% de los votos (figura 7).

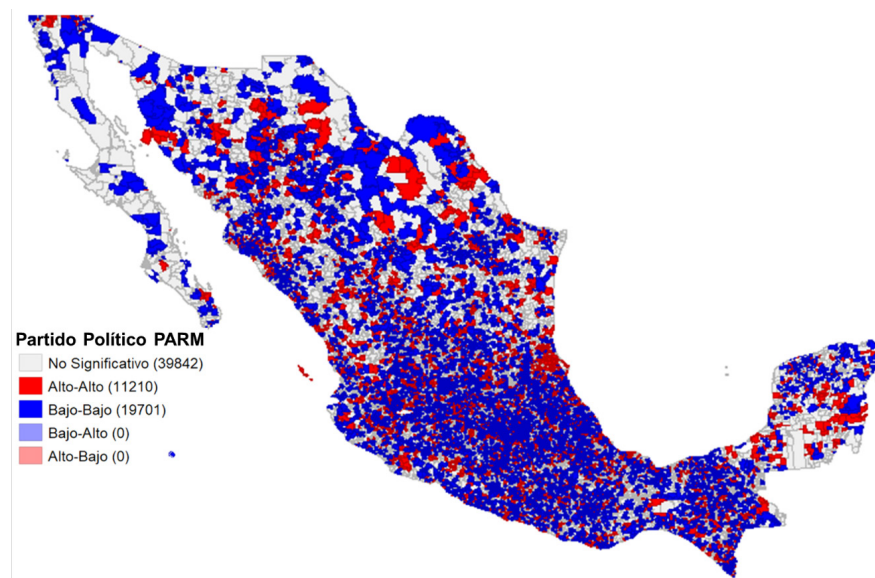
En términos de análisis geoestadístico, se estimó el nivel de autocorrelación espacial a nivel de sección electoral para cada uno de los periodos ya mencionados y partidos políticos seleccionados; en el que, para el año 2000, el PARM registró un nivel de asociación alto-alto (alto) en el 15.8% de las secciones, asociación con nivel bajo-bajo (bajo) en el 27.8% y no significativo (NS) en el 56.3%; es decir, que en el caso alto, la vecindad indica que hay secciones electorales con porcentajes altos rodeadas de valores similares, en el caso bajo hay secciones electorales con porcentajes bajos rodeados de secciones con valores similares y en el caso NS indica que no se registran asociaciones entre las secciones al registrar porcentajes, altos, bajos y/o nulos

Figura 7 Porcentaje de votos obtenidos por el PRD por sección electoral en la elección presidencial del año 2024



alrededor (figura 8). En este caso, se presentaron regionalizaciones seccionales con clasificación de nivel bajo, principalmente en el centro del país y algunas al norte y sur.

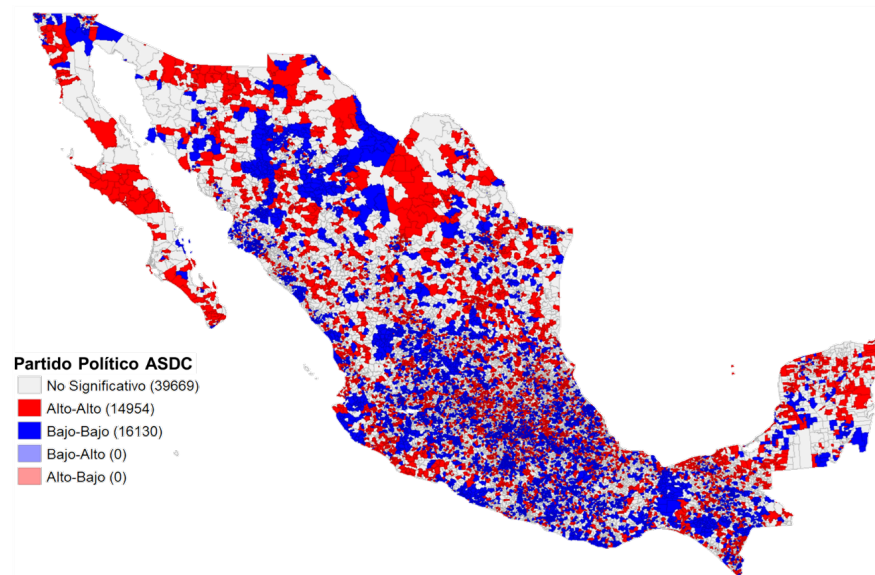
Figura 8. Autocorrelación espacial del PARM por sección electoral en la elección presidencial del año 2000



El comportamiento de autocorrelación del PASDC en la elección presidencial del año 2006 fue en su mayoría NS con un 56.1% de las secciones electorales; mientras que, con un nivel de asociación alto se identificó el 21.1% y con un nivel bajo el 22.8%, lo que implicó visualmente una distribución de secciones con porcentajes altos a la

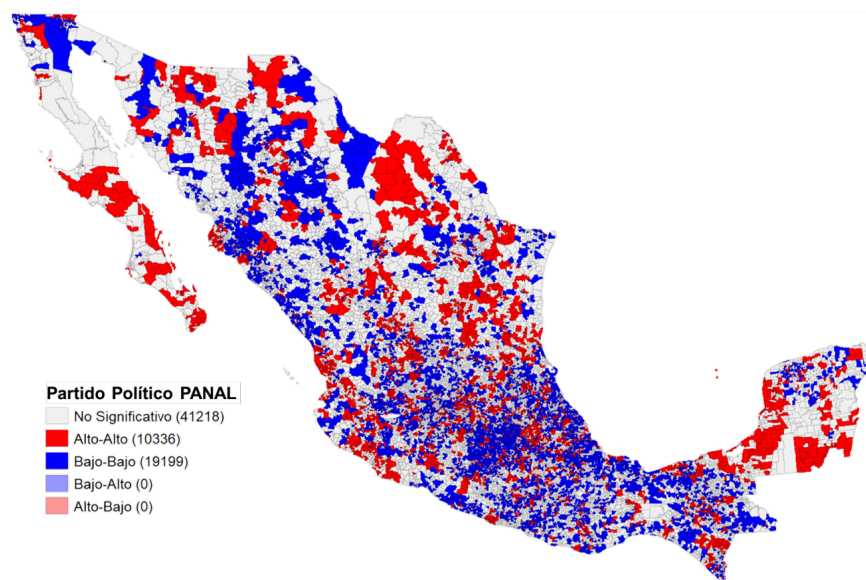
elección anterior (figura 9); es decir, se configura un comportamiento territorial con mayores concentraciones regionales en el nivel alto hacia el norte y el sur-sureste del país, con concentraciones bajas hacia el centro.

Figura 9. Autocorrelación espacial del PASDC por sección electoral en la elección presidencial del año 2006



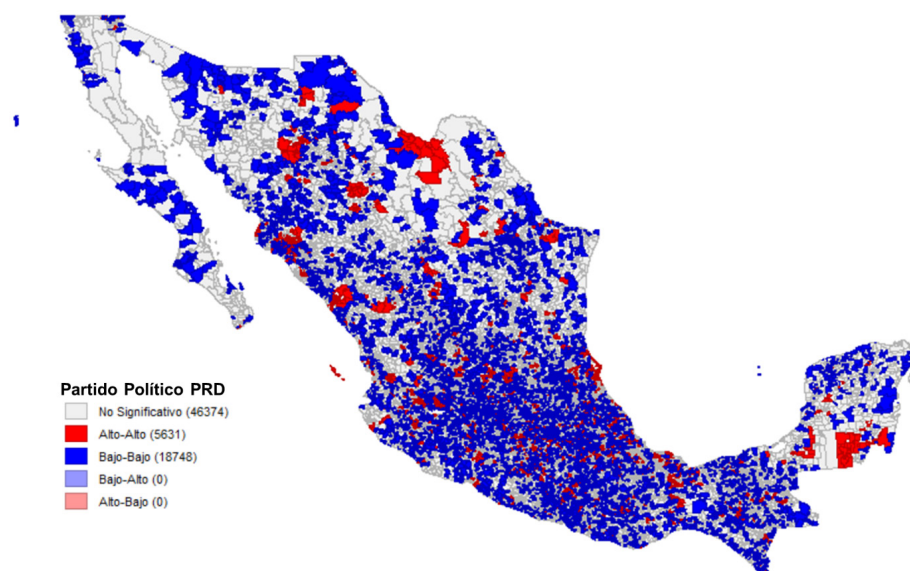
La elección presidencial del año 2012, para el PARM, se mostró mayor dispersión en el centro del país, con un patrón de concentración, que se extendió hacia el Golfo con un nivel bajo que alcanzó un 27.1% de las secciones electorales, mientras que en las zonas norte y sur-sureste se presentaron concentraciones con nivel alto en un 14.6% seccional, y el 58.3% restante de las secciones resultó NS.

Figura 10. Autocorrelación espacial del PANAL por sección electoral en la elección presidencial del año 2012



En el caso del comportamiento de las votaciones en favor del PRD, en la elección presidencial del 2018 se presentó una gran cantidad de secciones bajo la clasificación NS con un 65.5%, lo cual representa una clara ausencia de asociación o patrón espacial, reforzado con la presencia del 8% de secciones asociadas en un nivel alto con pequeña presencia en el territorio de manera muy dispersa y un porcentaje más de tres veces por encima para el caso de asociaciones bajas con un 26.5%, que además se identifica en una presencia distribuida a lo largo del país (figura 11).

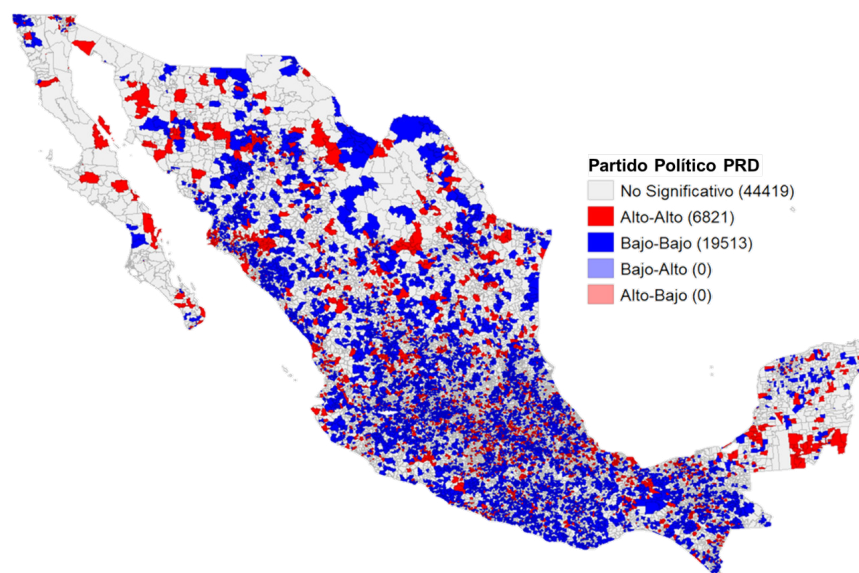
Figura 11. Autocorrelación espacial del PRD por sección electoral en la elección presidencial del año 2018



En la elección presidencial de 2024, el patrón de asociación de los votos a nivel seccional en favor del PRD reconfiguró su distribución, con mayor representación en las secciones del país al haber disminuido el número de secciones electorales identificadas como NS, pero que le restaron participación en el norte y sur del país, no así en la zona centro, en las que se incrementaron el número de secciones electorales con nivel de asociación alto al 9.6% y al 27.6% con nivel bajo (figura 12).

La relación descrita en los niveles de autocorrelación espacial por sección electoral definidos como no significativo, alto y bajo, se explica mejor al momento de analizarlos con base en los intervalos estimados a partir del porcentaje de votación emitida en favor de los partidos políticos a nivel de sección electoral, como es el caso de los eventos electorales de 2000 y 2006 que registran secciones con autocorrelación espacial baja y que se asociaron con porcentajes en los primeros dos intervalos (tabla 5); de manera similar, se identificó que en el caso de la autocorrelación espacial alta en todos los periodos de 2000 a 2024, se registraron secciones con porcentajes altos de votación a partir de los intervalos 3 o 4.

Figura 12. Autocorrelación espacial del PRD por sección electoral en la elección presidencial del año 2024



Cabe destacar que los límites de los intervalos estimados en cada periodo electoral analizado registran diferentes niveles de porcentajes debido a los valores mínimos identificados, que en este análisis fue nulo en todos los casos, lo que significa que en algunas secciones electorales los partidos políticos no obtuvieron ni un voto, mientras que los máximos, estuvieron definidos por la preferencia electoral (tabla 5).

Tabla 5 Secciones electorales por intervalo de porcentaje de votos obtenidos y clasificación por nivel de autocorrelación espacial de las elecciones presidenciales de 2000 a 2024

2000	No significativo	Alto-Alto	Bajo-Bajo	Total general	2006	No significativo	Alto-Alto	Bajo-Bajo	Total general
0.00% - 0.14%	756		19,648	20,404	0.00% - 1.47%			11,138	11,138
0.15% - 0.39%	23,372		53	23,425	1.48% - 2.78%	10,765		4,992	15,757
0.40% - 0.72%	15,714	2,033		17,747	2.79% - 3.98%			22,369	22,369
0.73% - 1.40%		8,073		8,073	3.99% - 5.45%	6,535	9,565		16,100
1.41% - 4.26%		1,104		1,104	5.46% - 13.53%		5,389		5,389
	39,842	11,210	19,701	70,753		39,669	14,954	16,130	70,753
2012	No significativo	Alto-Alto	Bajo-Bajo	Total general	2018	No significativo	Alto-Alto	Bajo-Bajo	Total general
0.00% - 3.04%	15,752		19,199	34,951	0.00% - 1.01%	13,278		18,748	32,026
3.05% - 5.23%	21,173			21,173	1.02% - 2.05%	25,541			25,541
5.24% - 8.21%	4,293	6,114		10,407	2.06% - 5.08%	7,555	1,435		8,990
8.22% - 13.19%		3,195		3,195	5.09% - 10.9%		3,409		3,409
13.20% - 21.87%		1,027		1,027	11.00% - 27.85%		787		787
	41,218	10,336	19,199	70,753		46,374	5,631	18,748	70,753
2024	No significativo	Alto-Alto	Bajo-Bajo	Total general					
0.00% - 1.08%	9,642		19,513	29,155					
1.09% - 2.45%	29,354			29,354					
2.46% - 5.18%	5,423	4,704		10,127					
5.19% - 10.10%		1,608		1,608					
10.11% - 29.07%		509		509					
	44,419	6,821	19,513	70,753					

Discusión

Sin duda son diversos los factores por los que los partidos políticos pierden credibilidad y, por consiguiente, votos en los procesos electorales, que a su vez llevan a la pérdida de representación electoral a nivel de sección electoral que se describen en los análisis anteriores; ahora bien, este análisis se suma a la serie de documentos discursivos sobre el impacto de las reformas constitucionales y electorales en los procesos de elecciones presidenciales e intermedias que garantizan la pluralidad ciudadana expresada al ejercer su derecho a votar (Woldenberg, 2022) y sobre el control y supervisión del correcto ejercicio político-electoral de los partidos que en estos momentos aún conservan el registro, pero que se perfilan con amplias posibilidades para perderlo en un periodo no mayor a dos elecciones presidenciales, debido a que en los procesos electorales subsecuentes –ya sean intermedios o presidenciales–, la participación ciudadana y la decisión de sus votos será definitiva, influyendo en las diferentes corrientes ideológicas de las fuerzas políticas en México (Woldenberg, 2012b).

El impacto de los análisis de autocorrelación espacial sobre los resultados de los procesos electorales presidenciales refleja posibles patrones de asociación geopolítica debido a factores económicos, sociales, culturales y demográficos con influencia política y, al mismo tiempo, influye en el diseño de estrategias electorales innovadoras y efectivas. Se prevé una tendencia que indica la representatividad electoral de los partidos políticos debido a la influencia a nivel seccional de los votos emitidos, de tal forma que el colapso ocurrido en los partidos analizados se explica por la baja asociación registrada y la influencia en la decisión ciudadana al momento de emitir su voto.

Conclusiones

En la medida en que los partidos políticos registren una representación con altos porcentajes de votación por sección electoral y estén asociados con sus vecinos de la misma manera, podría considerarse una condición político-electoral de aceptación y quizás con resultados favorables, en caso contrario, estarían en posibilidad de un colapso.

En la mayoría de los casos analizados, el colapso o posible colapso de los partidos políticos se debe principalmente a la fragmentación tanto de militantes como de simpatizantes de los partidos políticos al momento de emitir su voto, aunado al choque de las corrientes ideológicas que impactan de manera negativa en la identidad partidista provocando la migración a otros partidos políticos y/o en algunos casos a la creación de nuevos partidos políticos, generando con ella la pérdida de votos.

A nivel nacional se registró un cambio significativo en la decisión ciudadana en los procesos electorales presidenciales, lo que provocó una tendencia a la disminución de

los votos obtenidos y por consiguiente a la pérdida del registro en el corto o mediano plazo como ocurrió con el partido político del PRD y como probablemente ocurra con el partido político del PRI en las próximas elecciones presidenciales e intermedias.

Bibliografía

- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- Anselin, L. S. (10 de Enero de 2024). GeoDa. Obtenido de GeoDa: An introduction to spatial data analysis [Software]: <https://geodacenter.github.io>
- Chasco, C. (2003). *Métodos gráficos del análisis exploratorio de datos espaciales*. Madrid, España, : Universidad Autónoma de Madrid.
- Crespo, J. A. (2018). *Elecciones y transición democrática en México (2000-2018)*. México: Editorial Porrúa.
- De Corso, G. B. (2017). Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* 13(25), 92-104.
- Electoral, I. N. (2024). Instituto Nacional Electoral. Obtenido de Sistema de Consulta de la Estadística de las Elecciones: <https://siceen21.ine.mx/home>
- esri. (9 de Abril de 2022). ArcGis Pro. Obtenido de Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2024). ArcGIS Pro [Software]: <https://pro.arcgis.com>
- INE. (2024a). Elecciones Federales 2024. Obtenido de Base de Datos: <https://computos2024.ine.mx/presidencia/base-de-datos>
- INE. (3 de Marzo de 2024b). Instituto Nacional Electoral. Obtenido de Partidos que perdieron el registro: <https://ine.mx/actores-politicos/partidos-politicos-nacionales/partidos-perdieron-registro/>
- Moran, P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 10, No. 2(, 243-251.
- Moran, P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17-23.
- Ordóñez, J. (3 de Agosto de 2024). Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. Obtenido de Representatividad de partidos. Vigilancia del padrón electoral y listas nominales: https://www.te.gob.mx/editorial_service/media/pdf/Representatividad_de_partidos.
- Woldenberg, J. (2012a). *Historia mínima de la transición democrática en México*. México: El Colegio de México.
- Woldenberg, J. (2012b). Hubo elecciones auténticas: Entrevista íntegra con José Woldenberg. *Animal Político*. Recuperado de <https://animalpolitico.com/2012/08/hubo-elecciones-autenticas-entrevista-integra-con-jose-woldenberg>
- Woldenberg, J. (2022). Pluralidad, centro de discusión. *Imagen Radio*. Recuperado de <https://www.imagenradio.com.mx/pluralidad-centro-de-discusion>

Contexto latinoamericano de los datos abiertos aplicados al urbanismo: paralelismo o discordancia entre entornos geográficos

Latin American context of open data applied to urban planning: parallelism or discrepancy between geographical environments

Guillermo Geovanny Guzmán Chávez,¹ Pablo Isaac Jaramillo Pazmiño² y Alexandra Patricia Ortiz Almeida³

Resumen: El uso de los datos abiertos en la planificación urbana ha transformado significativamente la gestión y toma de decisiones en diversos contextos geográficos. En América Latina, estos insumos surgen como una oportunidad esencial para abordar desafíos urbanos complejos relacionados con movilidad, seguridad, sostenibilidad y gobernanza digital. El presente capítulo tiene como objetivo principal analizar el contexto latinoamericano específico en el que los datos abiertos son aplicados al urbanismo, buscando identificar paralelismos o discordancias en comparación con otros entornos geográficos globales. Mediante una metodología basada en la revisión sistemática de literatura especializada entre los años 2013 y 2024, este estudio recopila, analiza y sintetiza diversas fuentes académicas relevantes, utilizando criterios rigurosos de selección, evaluación crítica y análisis cualitativo. Los hallazgos obtenidos destacan tanto el potencial transformador de los datos abiertos en la democratización de la información urbana; así como los desafíos éticos, tecnológicos y socioeconómicos que limitan su implementación efectiva y equitativa en la región.

Palabras clave: datos abiertos, inteligencia artificial, urbanismo.

Abstract: The use of Open Data in urban planning has significantly transformed management and decision-making in diverse geographic contexts. In Latin America, these inputs emerge as a crucial opportunity to address urban challenges related to mobility, security, sustainability, and digital governance. The main objective of this chapter is to analyze the specific Latin American context in which Open Data is applied to urban planning, seeking to identify parallels or discrepancies compared to other global geographic environments. Using a methodology based on a systematic review of specialized literature between 2013 and 2024, this study compiles, analyzes, and synthesizes various relevant academic sources, employing rigorous selection

1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra. ggguzman@pucesi.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7848-949X>

2 Investigador independiente. pablo.jaramillop@disaac.org. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-0067>

3 Investigadora independiente. patthyortiz.18@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0154-8605>

criteria, critical evaluation, and qualitative analysis. The findings highlight both the transformative potential of Open Data in the democratization of urban information and the ethical, technological, and socioeconomic challenges that limit its effective and equitable implementation in the region.

Keywords: open data, artificial intelligence, urbanism.

Introducción

La aplicación de datos abiertos en la planificación urbana ha transformado significativamente la gestión y la toma de decisiones en diferentes contextos geográficos alrededor del mundo. Este fenómeno tecnológico, basado en la recolección, procesamiento y análisis masivo de información, está revolucionando la manera en que las ciudades gestionan sus recursos y responden a los problemas urbanos cotidianos. En América Latina, región caracterizada por una gran diversidad sociocultural, económica y política, la incorporación de dichos datos se presenta como una alternativa clave para enfrentar desafíos críticos en áreas como movilidad urbana, seguridad pública, sostenibilidad ambiental y gobernanza digital; sin embargo, la aplicación efectiva en el urbanismo latinoamericano presenta particularidades propias derivadas del contexto local, que no siempre coinciden con los enfoques y modelos aplicados en otras regiones, especialmente en entornos más desarrollados.

El objetivo central de este capítulo es realizar un análisis detallado sobre cómo los datos abiertos son aplicados específicamente en el contexto latinoamericano del urbanismo, identificando tanto las similitudes como las discordancias respecto a otros contextos geográficos globales. Este análisis es relevante no solo para comprender las potencialidades del uso de tecnologías avanzadas en la región, sino también para identificar claramente las barreras y desafíos que limitan su plena efectividad y equidad en la implementación práctica.

La metodología empleada en este estudio se basa en una revisión sistemática y crítica de literatura especializada, centrada en publicaciones recientes comprendidas entre los años 2013 y 2024. Se seleccionaron fuentes académicas rigurosas y relevantes a través de reconocidas bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, SpringerLink y Google Scholar. El proceso metodológico implicó varias etapas claramente definidas: identificación inicial mediante búsqueda de palabras clave específicas como datos abiertos, planificación urbana, inteligencia artificial y smart cities; cribado basado en la revisión de resúmenes y palabras clave para eliminar información irrelevante o redundante. Finalmente, la evaluación detallada y crítica de los textos completos seleccionados para asegurar la calidad y pertinencia de la información.

Entre los principales hallazgos que emergieron del estudio destacan dos aspectos fundamentales: por un lado, el reconocimiento del potencial transformador que ofrecen los datos abiertos para promover procesos más transparentes, inclusivos y democráticos en la gestión urbana; por otro lado, se identificaron importantes desafíos relacionados con la infraestructura tecnológica deficiente, limitaciones en políticas públicas para la gobernanza de datos, y desigualdades en el acceso a tecnologías digitales. Estas barreras son especialmente visibles en ciudades intermedias y áreas periféricas donde la brecha digital restringe la implementación efectiva y equitativa.

Este capítulo busca aportar una visión integral sobre el estado actual y futuro de los datos abiertos aplicados al urbanismo latinoamericano, ofreciendo recomendaciones prácticas para optimizar su implementación en diversos contextos urbanos, asegurando que estas tecnologías se utilicen no solo para resolver problemas inmediatos sino también para construir ciudades más sostenibles, inclusivas y resilientes.

Problema de investigación

Para definir el problema de investigación es importante plantear la siguiente pregunta: ¿cuál es el contexto latinoamericano concerniente a la aplicabilidad de los datos abiertos en el urbanismo?

Figura 1. Concepción inherente a los datos abiertos



Tomado de <https://biblioguias.cepal.org/EstadoAbierto/herramientas/datos-abiertos>

Relacionando a la figura 1, es posible mencionar que la falta de acceso a datos abiertos; así como regulaciones claras sobre el uso de estos en varios países de Latinoamérica, han generado limitaciones de su aplicación en la planificación urbana. Sectores clave como la movilidad, seguridad y sostenibilidad urbana han sido afectados debido a la falta de toma de decisiones informadas, producto de administraciones desiguales por posibles limitaciones en gobernanza de datos. La falta de datos abiertos verificados y la privatización de la información emergen como desafíos dentro del contexto digital urbano latinoamericano.

La centralización de datos que se produce dentro de entidades gubernamentales y entes privados afecta la transparencia y la gestión informativa urbana, donde la participación ciudadana y toma de decisiones estratégicas suelen presentar limitaciones importantes.

Por otro lado, es prioritario mencionar el grado de desconocimiento general de la población relacionado con temas actuales y tecnológicos. El grado de analfabetismo digital en muchos sectores latinoamericanos genera miedo e incertidumbre bajo la aparente inseguridad de que las máquinas y las nuevas tecnologías reemplazarán a las personas en su entorno laboral. De esta manera, se plantea que el problema de investigación radica en analizar la aplicación de los datos abiertos en el urbanismo frente al contexto latinoamericano; para ello se abordan perspectivas como: aplicación, correlación, actores y políticas públicas para la gobernanza de datos, permitiendo comprender el paralelismo o discordancia de su uso, implementación, eficiencia y transparencia en los distintos contextos geográficos y sociopolíticos.

Contexto del problema

“Latinoamérica es un laboratorio vivo, donde las diferentes ubicaciones geográficas de nuestro continente guardan sinergias constantes entre dinámicas del norte (Europa y Norteamérica) y propias del sur global”.

La influencia de la globalización y la búsqueda de entornos seguros y habitables han llevado a Latinoamérica a un estrés continuo sobre la distribución eficiente y equitativa del uso de suelo, debido a la expansión desordenada y la segregación socioespacial causada por la participación privada y su inclusión en proyectos de desarrollos inmobiliarios privados que tienden a excluir a poblaciones vulnerables hacia la periferia, como se ha observado en proyectos como Puerto Madero, en Buenos Aires, y Santa Fe, en Ciudad de México (Paquette, 2020).

Históricamente, el urbanismo latinoamericano ha adoptado normativas y modelos europeos en su planificación territorial, conceptos como la regeneración y reciclaje urbano desarrollado en Europa se han implementado de manera parcial en Latinoamérica, debido a varios factores como falta de financiamiento, fragmentación

de políticas urbanas, barreras estructurales; pero, sobre todo, la resistencia social ante procesos de gentrificación (Paquette, 2020). Por otro lado, la ocupación del espacio se ha visto influenciada por procesos de informalidad que se evidencian en la expansión de los asentamientos periurbanos que, en muchos de los casos, se dan por las diferencias socioeconómicas; lo cual condiciona las dinámicas urbanas presentando varios problemas que son característicos de Latinoamérica.

En el contexto latinoamericano, la minería de datos puede ser vista como un gran catalizador sobre el que se desarrollan decisiones basadas en criterios técnicos; de esta manera, el procesamiento mediante el uso de datos abiertos es clave para transformar los procesos, dotando de herramientas tecnológicas y analíticas que complementen los enfoques tradicionales de la planificación urbana.

Los datos abiertos aplicados al campo del urbanismo permiten la oportunidad de adecuar modelos globales a necesidades concretas de cada ciudad; así, en vez de replicar enfoques globales estandarizados, los datos podrían ser utilizados para dotar de soluciones personalizadas con base en realidades locales, democratizando el acceso a la información urbana, tal cual lo menciona Lasso et al., (2022) el objetivo de utilizar tecnología en la planificación urbana busca mejorar la gestión pública proponiendo procesos transparentes y efectivos; sin embargo, se acentúan desafíos para la región relacionados a la infraestructura tecnológica, ética en el manejo y control de los datos, sobre todo, en la información de carácter gubernamental.

Por otro lado, el BID (Banco Iberoamericano de Desarrollo) señala en su publicación *Urbanismo ciudadano en América Latina* que los enfoques con mayor presupuesto y acción del urbanismo latinoamericano se enfocan en: la revitalización de centros históricos, redensificación y repoblamiento de áreas centrales y programas de mejoramiento integral de barrios (2022), comprobando que estos modelos han priorizado dinámicas de inversión inmobiliaria y turística sin abordar integralmente problemáticas de exclusión social y acceso equitativo a la vivienda, manteniéndose bajo estudios y acciones basados en programas urbanos no-enfocados.

Una aproximación emergente en el urbanismo latinoamericano fue la incorporación del urbanismo táctico en el cual las transformaciones urbanas temporales son de bajo costo y rápida ejecución, con el objetivo de mejorar espacios públicos y vecindarios locales. En la tabla 1 se identifican las ubicaciones geográficas donde se ha aplicado urbanismo táctico.

Si bien el urbanismo táctico ha sido implementado en diversas ciudades latinoamericanas, su impacto sigue siendo limitado debido a la falta de continuidad en políticas públicas, la insuficiencia de financiamiento y la ausencia de una integración real con estrategias urbanas a largo plazo. Aunque proyectos como 'Caminito de la escuela' en Ciudad de México han demostrado mejoras en seguridad vial, estos

Tabla 1. Urbanismo táctico en países de Latinoamérica

Número	Nombre	Ubicación	Descripción
1	Montería pasos seguros	Montería, Colombia	Proyecto piloto para mejorar la movilidad peatonal y la seguridad vial a través del urbanismo táctico en puntos estratégicos
2	Caminito de la escuela	Ciudad de México, México	Uso del urbanismo táctico para mejorar la seguridad vial y la movilidad peatonal en entornos escolares
3	Rio + Pedestre	Río de Janeiro, Brasil	Intervención a gran escala que buscó aumentar la seguridad vial en un centro de transporte con alto flujo de personas
4	Urbanismo táctico en El Vado	Cuenca, Ecuador	Proyecto piloto diseñado para mejorar las condiciones de movilidad urbana, especialmente para peatones y ciclistas

Nota: Esta tabla muestra las intervenciones realizadas en países del norte y sur de América

esfuerzos suelen ser de carácter temporal y dependen de voluntades políticas cambiantes (BID, 2022).

Continuando con este análisis, es importante resaltar que, a pesar de los esfuerzos mencionados, existen aspectos críticos en los que el urbanismo latinoamericano todavía no enfoca su totalidad y que podrían beneficiarse considerablemente del uso de datos abiertos. Uno de estos aspectos es el análisis predictivo urbano, herramienta clave para anticipar dinámicas futuras, desde patrones de expansión urbana hasta crisis ambientales o sociales. Según Lasso et al. (2022) se aplica el uso de datos abiertos para mejorar la gestión pública y la seguridad en diversas ciudades de América Latina, México y Colombia destacados por el uso de minería de datos que han permitido analizar patrones especiales de movilidad y seguridad urbana, acciones que han ayudado a determinar el uso de diferentes herramientas emergentes para la toma de decisiones estratégicas que buscan optimizar las intervenciones gubernamentales (Gomis-Balestreri, 2017). En este contexto, la participación ciudadana; así como la gobernanza digital se pueden ver nutridas mediante la creación y uso de plataformas integrando datos estructurados y no estructurados que aportan a las realidades sociales.

El uso del datos abiertos aplicados en la planificación urbana genera herramientas vitales, a través de la recopilación y análisis de datos en tiempo real, los cuales pueden ser obtenidos mediante sensores urbanos, datos móviles, API de redes sociales, etcétera. Según d'Alva & Paraná (2024), uno de los principales retos es la desprivatización de datos, debido a que la generalidad de estos es recopilada y

manejada por instituciones gubernamentales y, en menor cantidad, por empresas privadas, las cuales los usan para fines puntuales que no son compartidos.

Figura 2. Principios del Estado abierto



Nota: Tomado de <https://biblioguias.cepal.org/EstadoAbierto/herramientas/datos-abiertos>

Según Muent-Kunigami & Serale (2018), en Latinoamérica, las capacidades analíticas, así como el desarrollo de la infraestructura tecnológica es uno de los problemas principales, debido a brechas significativas en la accesibilidad tecnológica, restringiendo su culminación efectiva; por otro lado, la segregación y las disparidades socioeconómicas dividen el territorio, eternizando discrepancias sociales y tecnológicas, lo cual dificulta una gestión urbana equitativa (Manske et al., 2015).

Es fundamental evidenciar que las oportunidades de aplicación de datos abiertos en Latinoamérica ha emprendido procesos de materialización con diversos enfoques urbanos como la movilidad, la seguridad predictiva, la gestión ambiental, planificación territorial y la gobernanza digital, pero quedan oportunidades, según lo analizado, en la implementación hacia el análisis predictivo urbano, gestión urbana reactiva ante crisis y emergencias, sin dejar de lado la integración y depuración de datos que la población aporta a través de redes sociales. Todo esto bajo un marco en donde la transparencia de estos no se vea afectada por analíticas insuficientes, por infraestructura precaria tecnológica y/o limitación de la gestión ética de la gobernanza de datos.

Fundamentación teórica

Para el año 2025 se tiene el precepto de que la tecnología ha llegado a cada rincón del planeta: esta consideración resulta certera cuando se habla de países de primer mundo;

sin embargo, en los países en vías de desarrollo o los de pobreza extrema sucede lo contrario; la ideología de acceso a la tecnología, así como a temas relacionados, aún mantiene un gran vacío, por eso se abordan conceptos que, aunque parezcan fáciles de comprender, en muchas de las ubicaciones geográficas no lo son.

Desde la creación de los primeros ordenadores como el Zuse o el Eniac a mediados del siglo XX, la aparición de la World Wide Web más conocida como Internet en 1991 y la llegada de los smartphones en 2000, las nuevas tecnologías basadas en la computación no han dejado de crecer y no solo se han convertido en nuestras principales herramientas, sino que han cambiado radicalmente nuestro estilo de vida y la forma de diseñar nuestras ciudades. Aunque inicialmente la tecnología solo era accesible para unos pocos y no era aplicable a cualquier disciplina, gradualmente ha ido propagándose por todas y cada una de las disciplinas del ser humano, volviéndose no solo accesible sino imprescindible en el contexto actual de la sociedad (Núñez, 2019, p. 14).

Datos abiertos

Para comprender la definición de datos abiertos, se cita a Kassen (2013), quien menciona que:

El proyecto de datos abiertos gubernamentales puede describirse como un portal web oficial lanzado a nivel federal o local destinado a hacer que ciertos tipos de conjuntos de datos gubernamentales sean accesibles públicamente a través de Internet en un formato legible por máquina (p 508).

De igual manera en la Carta Internacional de Datos Abiertos, según Muenste-Kunigami & Serale (2018), son “Datos digitales que son puestos a disposición del público con las características técnicas y jurídicas necesarias para que puedan ser usados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, en cualquier momento y en cualquier lugar” (p.11).

Por otro lado, Ruvalcaba Gómez (2020) menciona que los Datos Abiertos son elementos que impulsan la liberación y divulgación de contenido, usualmente no textuales y en formatos reutilizables como CSV (commaseparatedvalues) y que son provenientes de diferentes organizaciones.

De acuerdo con las distintas posturas teóricas se hace evidente considerar que los Datos Abiertos son elementos de acceso libre y gratuito permitiendo su utilización, así como replicación en distintos ámbitos como la académica, los entes gubernamentales, así como en distintos campos de la ciencia.

Inteligencia artificial (IA)

Varias son las coyunturas respecto a la definición de inteligencia artificial; sin embargo, en este capítulo se ha optado por abordarlo desde varias disciplinas, así como enfoques

del conocimiento, entendiendo que mediante esta correlación se definirá de manera objetiva sin sesgos conceptuales. De esta manera se establece:

Como 'la habilidad de los ordenadores para hacer actividades que normalmente requieren inteligencia humana'. Pero, para brindar una definición más detallada, podríamos decir que la IA es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano. Sin embargo, a diferencia de las personas, los dispositivos basados en IA No necesitan descansar y pueden analizar grandes volúmenes de información a la vez. Asimismo, la proporción de errores es significativamente menor en las máquinas que realizan las mismas tareas que sus contrapartes humanas (Rouhiainen, 2018, p. 17).

Desde el campo del urbanismo, se plantea lo que Salvador Rueda expuso en 2019; relacionándolo con el Urbanismo Ecosistémico se menciona que:

Con la aparición de las nuevas tecnologías y, en particular, del internet, el mundo en general y en especial el rumbo de las ciudades se ven envueltos en una maraña de uso de información y de hiperconectividad que asciende en la medida que crece el número de plataformas globales y el internet de las cosas. Con el incremento de los flujos de información y la aparición de dichas plataformas, el sistema de proporciones urbano se ve modificado significativamente, dificultando el nivel de regulación público que son propios, por ejemplo, del urbanismo o de la planificación sectorial. Cuando hablamos de los derechos fundamentales, como el libre albedrío, el impacto de las nuevas tecnologías a través de las plataformas digitales con fines de lucro pone en entredicho, incluso, las reglas principales de la democracia.

Con la irrupción de la Inteligencia Artificial (IA), los usos de información juegan un rol que beneficia, casi en exclusiva, a las plataformas que los controlan, alejándose en la mayoría de las ocasiones del bien común y el abordaje de los retos que la humanidad tiene en este principio de siglo. Las consecuencias que tienen plataformas como Airbnb, Uber, Amazon, etc., sobre el alquiler, la movilidad y el comercio son realmente preocupantes para el futuro de las ciudades y los impactos que generan a todas las escalas fruto de su implantación. Aun siendo preocupante el impacto producido, el futuro inmediato puede llegar a ser demoledor si no se regulan con urgencia las plataformas existentes y las que se anuncian como inminentes (Rueda, 2019, p. 727).

Si es verdad que luego de seis años la postura ha cambiado, también es importante mencionar que:

La inclusión de la IA convierte a la velocidad en un agente determinante y dominante en las ciudades posinteligentes, ya que afecta a cómo interiorizamos nuestra relación con el entorno urbano, desplaza la capacidad de decisión humana hacia la decisión automatizada y la gestión del presente hacia la del futuro (Ejarque & Tirado, 2024, p. 208).

Aun cuando la articulación respecto a la inteligencia artificial es muy controversial, debido a que es vista como un sustituto del humano en varias actividades de la cotidianidad, existen ejemplos de que su masificación continua, la utilización diaria de teléfonos inteligentes y computadoras en entornos laborales, el estudio de fuentes de datos y redes sociales en la educación, la instauración de calendarios compartidos o herramientas de trabajo colaborativo, junto con la aparición de sistemas de inteligencia artificial para gestionar y supervisar toda esa actividad han iniciado una revolución en el día a día cuyo rumbo aún no está definido; sin embargo, queda claro que el cambio ya está presente y es inalterable.

Smart city

Lai y otros (2020) mencionan que una *smart city* requiere una infraestructura de tecnologías de la información fundamentada en estándares que satisfagan y respalden una variedad de necesidades y se ajusten a tecnologías innovadoras, como sensores de vanguardia, instrumentos de medición y análisis, así como soluciones fundamentadas en aprendizaje automático e inteligencia artificial, la construcción de una *smart city* necesita el respaldo de entidades públicas, ciudadanos, administraciones estatales y locales, así como de empresas privadas.

Según Ochoa (2022), "Comprende tanto los elementos físicos como los sociales, y su objetivo primordial es optimizar los contextos actuales para alcanzar equilibrios sociales, ambientales y económicos, donde las personas tengan las mejores posibilidades de realizar su trabajo de manera eficiente en cualquier sector".

Por otro lado, Rossi (2022) afirma lo siguiente:

La noción de *smart city* se ha convertido en ambigua y nebulosa pues su alcance presenta una disputa continua de rasgos que pretenden exceder cualquier concepción tecnocéntrica e incluyen dimensiones gubernamentales, económicas, culturales, psicológicas, sociales, ambientales, ecológicas, educativas, comunitarias y, por supuesto, contextuales (Pellicer et al., 2013; Cocchia, 2014; Kitchin et al., 2017; Luque-Ayala & Marvin, 2020). De ese modo, en las definiciones se suele poner énfasis en que las ciudades inteligentes integran gobiernos electrónicos con mecanismos de participación pública, ciudadanía informada y toma transparente de decisiones (basadas en datos abiertos y modelización de eventos). Además, se alienta la generación de poblaciones inteligentes con recursos humanos calificados, flexibles, cosmopolitas, empoderados, participativos, emprendedores, dispuestos a ingresar en procesos continuos de aprendizaje y en comunidades de negocios (Piekas et al., 2018).

Aun cuando los criterios existentes son variados, podemos evidenciar las ventajas de una *smart city* pues abarcan la generación de significativas visiones de sostenibilidad, la prevención de catástrofes, el desarrollo de negocios, la seguridad ciudadana y la

mejora en la calidad de vida, conceptos que aportan al desarrollo del territorio, pero vinculándose de manera indirecta a la cohesión social.

Big data y urbanismo

La relación que guardan estos dos conceptos se pone de manifiesto durante la década de 1990. Aun cuando tiene apenas 35 años, es una correlación necesaria para abordar los desafíos que el territorio presenta.

El Atlas de la Inteligencia Artificial Urbana, considerado el proyecto emblemático del Observatorio Global de Inteligencia Artificial Urbana (GOUAI), se ha consolidado como el repositorio de inteligencia artificial urbana de carácter ético, de acceso libre, más importante y completo a nivel mundial (Galceran & Vidal, 2024, p. 1).

De esta manera, hay que considerar la complejidad de la ciudad, que radica en la interconexión de numerosos sectores que participan en el funcionamiento de las áreas urbanas. *El Atlas de la inteligencia artificial urbana* categoriza las acciones de inteligencia urbana en siete áreas distintas: servicios sociales, gestión y servicios urbanos, medio ambiente y recursos, movilidad, infraestructuras y planificación urbana, economía y negocios, seguridad y resiliencia. Definiendo de esta manera conceptos intrínsecos en varios campos de la ciencia.

Carpo (2011) argumenta que la revolución digital ha transformado la forma en que se diseña y construye el entorno urbano, reemplazando el paradigma tradicional de reproducción estandarizada con un enfoque basado en datos masivos y modelos paramétricos. En este contexto, el *big data* permite analizar, predecir y adaptar patrones urbanos en tiempo real, facilitando una planificación urbana más eficiente y personalizada. Esta transformación se alinea con la necesidad de adaptar modelos urbanos en América Latina a través del análisis dinámico de datos, permitiendo una gestión territorial más equitativa y adaptable a las condiciones locales.

Ochoa (2022) menciona que toda esta recolección y tratamiento de datos urbanos facilita la toma de decisiones estratégicas, la detección de problemas en las ciudades y la creación de soluciones, el *big data* aplicado al urbanismo facilita la identificación de métodos adecuados para responder a las demandas de las ciudades y sus residentes, proyectando y pensando en ciudades más sustentables y con una mejor calidad de vida para los que las habitan.

Por otro lado, Galceran y Vidal (2024) definen que los proyectos que se incorporaron a la base de datos del atlas del GOUAI deben satisfacer cuatro criterios concretos: (1) una concordancia explícita con los principios éticos del GOUAI, (2) la implicación o respaldo, ya sea directo o indirecto del gobierno municipal, (3) una dirección clara hacia la IA urbana (es decir, con aplicaciones reconocibles en un contexto urbano), y (4) un registro documentado de la planificación ejecución o desarrollo activo.

Adicionalmente, Galceran (2023) menciona que la adopción creciente de la inteligencia artificial en contextos urbanos presenta retos, particularmente en relación con las habilidades que las ciudades requieren para explotar todo su potencial, resultando crucial asegurar que la implementación de soluciones basadas en IA se ajuste a los estándares de seguridad y responsabilidad, y que se salvaguarden los derechos digitales de los ciudadanos.

Al poner de manifiesto la contextualización teórica, es posible mencionar que las urbes son esferas políticas donde los gobiernos locales poseen el poder de tomar decisiones que impactan la vida de millones de individuos, razón por la cual las aplicaciones urbanas de inteligencia artificial ejercen una notable influencia, pero la IA urbana no puede ser vista solo desde el entorno digital, hay que cotejar la información con la realidad del territorio a través de elementos y sistemas urbanos.

Por tanto, se plantea una imperante necesidad por descubrir la inteligencia artificial aplicada al urbanismo, la naturaleza física de los espacios urbanos, el desarrollo de las personas en los diferentes contextos territoriales, la política desarrollada por los tomadores de decisión, los aspectos éticos, todos ellos inherentes e interconectados entre sí. Ante esto, la Ley de Inteligencia Artificial de la Unión Europea ha categorizado algunos usos de los sistemas de inteligencia artificial aplicados a los puntos antes mencionados, así como los contextos urbanos.

Metodología aplicada

Para la presente investigación se optó por realizar una revisión de la literatura existente, relacionando la aplicación de datos abiertos en el urbanismo; sin embargo, aun cuando se menciona el contexto latinoamericano, es importante fundamentar estas teorías con referentes globales. Al tener una adecuada estructuración para su desarrollo, se identifican tendencias, así como se evalúa la eficacia en áreas que requieren ser analizadas. Mediante la comparativa de conceptos relacionados a metodologías de revisión sistemática, la empleada en este estudio cobra un carácter de robustez.

El enfoque que se seleccionó es cualitativo, el cual se adapta de manera eficaz para la revisión bibliográfica. Este permite explorar, comparar y sintetizar diversas fuentes académicas. Para la recopilación de las fuentes bibliográficas se usó información de fuentes como Google Scholar, Web of Science, SpringerLink, Scopus; búsqueda en la que se utilizaron palabras clave como: datos abiertos, planificación urbana, inteligencia artificial, *smart cities*. El período de búsqueda fue ubicado entre 2013 y 2024, debido a la relevancia del tema, así como su vigencia.

Las fases para la selección de documentos fueron: fase de identificación, en la que se realizó una búsqueda amplia de información; fase de cribado, en la que se filtran

los documentos que no guardan relación con la temática; fase de elegibilidad, aquí se seleccionan solo los documentos que cumplan con criterios estrictos de relevancia. Creswell (2009) menciona la importancia del análisis crítico al contenido de la literatura, mediante técnicas cualitativas que categorizan la información conseguida donde se identifica área con temáticas emergentes, paralelismos o discordancias, de acuerdo con las ubicaciones geográficas.

Por su parte, Figueroa (2020) plantea una manera que incluye tres fases: planificación, desarrollo y publicación de resultados, priorizando uso de herramientas y enfatizando el uso de herramientas como VOSviewer la que permite observar análisis bibliométricos; esta herramienta es fundamental para detectar patrones en grandes volúmenes de datos.

Sin embargo, Snyder (2019) propone que la revisión de la literatura debe ser transparente, así como seguir un proceso sistemático que incluye evaluar la calidad de los estudios analizados; su enfoque destaca la claridad en cada etapa del proceso para, de esta manera, garantizar su reproducibilidad.

Codina (2020) destaca la importancia de las revisiones sistematizadas aplicadas a otras ciencias del conocimiento como las ciencias humanas y sociales, planteando una metodología que contiene la planificación, búsqueda y selección de la literatura. Por otro lado, la evaluación, síntesis y la redacción del informe final. Dicho enfoque subraya la necesidad de adecuar las metodologías de revisión a las peculiaridades de las disciplinas sociales y humanas, donde la multiplicidad de orientaciones y métodos es amplia.

Así, se puede mencionar que la revisión sistemática bibliográfica es una etapa de la investigación que debe ser minuciosa. En esta se recolecta, valora y resume toda la evidencia disponible acerca de la pregunta de investigación específica. Como objetivo principal se tiene el minimizar el sesgo y brindar conclusiones íntegras que las derivadas de exploraciones narrativas tradicionales (Higgins et al., 2019).

Etapas de la revisión sistemática

Esta fase se desarrolla mediante: formulación de la pregunta de investigación, donde se define el objetivo de la revisión; búsqueda de literatura, para ello se usa bases de datos académicos confiables; selección de estudios, su definición se la realiza mediante inclusión, exclusión y filtrados; evaluación de calidad, se debe analizar la validez de los estudios seleccionados; síntesis de datos, aquí se integran los hallazgos de manera coherente, identificando discrepancias y áreas de consenso; presentación de resultados, consolidación de la información que será usada.

Aplicación de la metodología en el contexto de datos abiertos y el urbanismo

Al aplicar una revisión sistemática al estudio es esencial considerar:

- **Diversidad de fuentes:** Incluir estudios de diferentes regiones y contextos para obtener una visión global.
- **Variabilidad en las metodologías:** Reconocer que los estudios pueden utilizar diferentes enfoques metodológicos y tecnológicos.
- **Contexto geográfico:** Analizar cómo las características específicas de cada entorno influyen en la implementación y resultados.

Resultados

Luego de finalizar con el análisis del contexto Latinoamericano en cuanto al uso de los datos abiertos en la planificación urbana, se han hecho evidentes aspectos que atraviesan la realidad del contexto territorial, tanto de manera local como regional; en dicho contexto se han evidenciado oportunidades de la implementación de tecnología para cada espacio geográfico, pero de igual manera se evidencian desafíos a ser evaluados, sobre los que se deberán entregar las mayores acciones si se desea ver un cambio real.

El uso de datos abiertos en la planificación urbana se vislumbra como potencial en los contextos Latinoamericanos, temas relacionados a *smart cities*, inteligencia artificial, aprendizaje de máquina son aspectos que requieren de la comprensión de un gran sector de la ciudadanía. La democratización de estos conceptos, así como su implementación permitirán articular acciones en beneficio de su implementación.

Como resultado se puede observar que el uso de datos abiertos en el contexto de *smart city* evidencia desarrollo en cada uno de los contextos geográficos, debido al uso de tecnología e información para el beneficio de la eficiencia, sostenibilidad y calidad de vida para los ciudadanos, implementando sistemas inteligentes para la gestión, así como la toma de decisiones en la planificación urbana.

Uno de los resultados es entender que las dinámicas sociales y sus características geográficas juegan un papel fundamental al momento de implementar nueva tecnología en territorio, el desconocimiento de la gente; así como la falta de preocupación de las autoridades con sus habitantes, generan un vacío fundamental que debe ser abordado. Al solucionarlas mediante campañas de socialización, educación o políticas públicas, estas deben responder de manera que permitan el empoderamiento del ciudadano y no se sientan como una imposición de las autoridades, permitiendo con eso que las acciones perduren en el tiempo.

Por otro lado, es importante evidenciar que luego del análisis de casos donde varios países latinoamericanos han democratizado sus datos, los resultados conseguidos por

dichos territorios han sido positivos evidenciando que el acceso a información permite planificar las ciudades, tanto desde la academia como de sectores gubernamentales. En este contexto, es posible mencionar países como Colombia, México, Perú, los cuales mediante el acceso a datos abiertos, han puesto de manifiesto que los procesos se vuelven participativos y transparentes. En estos países se ha trabajado focalizando sus esfuerzos en el empleo de tecnología para el análisis de patrones urbanos tales como, movilidad, calidad ambiental, seguridad pública; de esta manera se vuelve evidente cómo el análisis masivo de datos provenientes de dispositivos móviles, plataformas digitales, sensores urbanos no solo sirven como gestión urbana sino anticipan fenómenos complejos mejorando la eficiencia y eficacia operativa de las administraciones públicas de turno.

Sin embargo, un punto relevante a destacar es el desequilibrio que se vincula principalmente con brechas en infraestructura tecnológica, carencias de formación técnica y políticas públicas poco desarrolladas convirtiendo en un mal accionar la capacidad de implementación efectiva entre países. Por otro lado, aun cuando las problemáticas persisten, existen países que presentan notables avances donde se conjugan las iniciativas públicas y privadas con implementación de herramientas basadas en el análisis de datos. Se puede mencionar a Chile, que ha generado soluciones en aspectos como la congestión vehicular.

Otro punto importante que emerge del análisis es el limitado desarrollo que ha tenido América Latina si se compara con modelos europeos o norteamericanos. Aunque existen acciones que intentan incrementar y brindar datos abiertos para distintos propósitos, como análisis del impacto en centros históricos o métricas de la densidad urbana, estas acciones tienden a centrarse más en el impulso económico de zonas turísticas y del sector inmobiliario que en una regeneración social y cultural integral. Esta orientación restringida tiende a perpetuar lógicas de exclusión y segregación.

Asimismo, el acceso y la gestión de los datos en muchos países latinoamericanos siguen siendo desiguales. La información urbana, en muchos casos, se encuentra bajo el control de entidades privadas o gubernamentales con políticas restrictivas sobre su uso. Esta situación limita el desarrollo de prácticas de planificación urbana verdaderamente democráticas, y plantea dilemas éticos sobre la privacidad y los derechos digitales. La escasa participación ciudadana en estos procesos acentúa aún más este problema.

El análisis también muestra que, a pesar del reconocimiento general sobre la necesidad de invertir en infraestructura digital, persisten brechas tecnológicas significativas. En zonas rurales y ciudades intermedias con mayores desafíos económicos, la falta de acceso a tecnologías digitales frena la aplicación de modelos de análisis urbanos basados en datos. Esto genera una desconexión entre las expectativas que

generan los modelos exitosos en otros contextos y la realidad de muchas regiones latinoamericanas.

No obstante, se ha observado un crecimiento de movimientos que buscan fomentar una gobernanza urbana más participativa. Iniciativas ciudadanas y organizaciones no gubernamentales están adoptando tecnologías digitales como herramientas para la co-creación de soluciones urbanas, resaltando que este enfoque permite ir desde el diagnóstico, diseño e implementación de soluciones urbanas. Consiguiendo implícitamente que la participación ciudadana esté inmersa colocando en el centro del debate al ciudadano como ente activo.

De igual manera se hizo evidente la necesidad de aplicación del análisis predictivo urbano, el mismo que genera aporte en campos como la gestión anticipada de crisis ambientales, urbanas y sociales. Mediante el uso de datos abiertos, así como de la inteligencia artificial se puede aportar brindando soluciones rápidas y eficaces en contextos de alta vulnerabilidad a riesgos urbanos, generando una ventaja estratégica que es considerable en cuestión de tiempo para mejorar la calidad de vida urbana.

Otro de los puntos identificados, es la falta de marcos normativos y éticos relacionados al uso, procesamiento y entrega de datos, aunque su implementación puede resultar útil, por otro lado pueden replicar y profundizar desigualdades sociales; por lo que es importante fomentar los derechos digitales en la región, tal cual realizó la Coalición de Ciudades por los Derechos Digitales, los cuales son clave para mitigar riesgos en la implementación hacia la planificación urbana, respetando los derechos fundamentales de los ciudadanos.

De esta manera, la investigación permitió identificar paralelismos en las dinámicas urbanas del contexto latinoamericano con las de otros contextos geográficos, puntualmente en términos de objetivos globales como la comprensión de los datos abiertos, la búsqueda de ciudades más equitativas e inclusivas y la sostenibilidad urbana. Sin embargo, las discordancias son cuantiosas y están afincadas en los contextos sociales, tecnológicos y políticos latinoamericanos, haciendo evidente que la transmisión de modelos externos sin control o ajustes significativos resulta inviable y hasta desacertada.

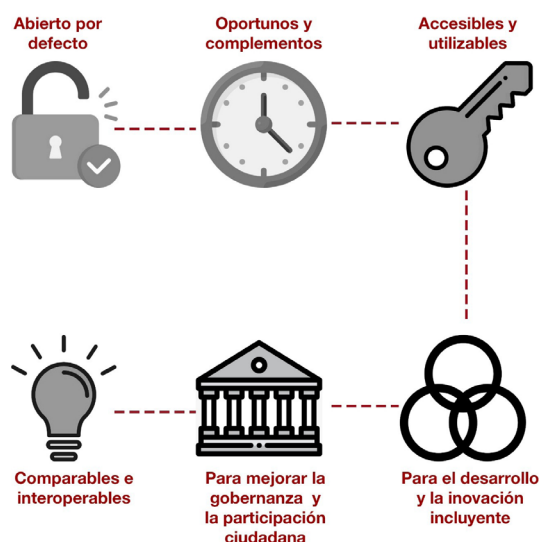
Discusión

La investigación ha brindado una interpretación crítica del contexto de América Latina con relación a la implementación de los datos abiertos en la planificación urbana, enfatizando las implicaciones, significados y contrastes. Un punto de la interpretación se fundamenta en reconocer el potencial uso y aprovechamiento para la eficacia, transparencia y participación en la planificación urbana; sin embargo, es importante revisar cómo las limitaciones identificadas pueden restringir su potencial.

El uso de datos abiertos ha comenzado a reestructurar significativamente las capacidades para el procesamiento y predicción en diversas ciudades de la región. Los resultados evidencian que en algunas zonas geográficas como México se han conseguido resultados exitosos en la articulación de tecnologías avanzadas, las cuales, además de la integración, permiten comprender los fenómenos urbanos en tiempo real, así como la gestión proactiva y estratégica. Dichas experiencias destacan como el análisis de grandes volúmenes de datos que provienen de varias fuentes, contribuye a la resolución de distintos problemas urbanos como seguridad pública y movilidad urbana, reflejando avances hacia la generación de ciudades inteligentes en Latinoamérica.

Sin embargo, una reflexión contundente acerca de los casos de éxito muestra que dichos logros no se evidencian por igual en América Latina, los resultados prueban una inmensa disparidad en términos de capacidades técnicas; así como de acceso a tecnología, donde algunas ciudades presentan un notorio crecimiento, en tanto que otras se mantienen en desventaja. Este aspecto genera preocupación debido a que se incrementan las desigualdades preexistentes entre los países de la región; de igual manera se hace evidente entre las ciudades grandes e intermedias, así como entre la zona urbana y la rural del mismo país. Dicha desigualdad tecnológica limita aplicar de manera efectiva a la generalidad de contextos urbanos latinoamericanos, haciendo evidente el trabajo a desarrollar en la generación de políticas públicas que reduzcan las brechas tecnológicas, garantizando el desarrollo equitativo y sostenible.

Figura 3. Principios de la Carta Internacional de Datos Abiertos



Nota: Tomado de <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=496958&p=8636222>

Por otro lado, la discusión revela que aun cuando conceptos como planificación urbana han sido adaptados dentro de modelos en diversas políticas públicas en Latinoamérica, su implementación enfrenta grandes problemas y hasta restricciones. Esto se debe a que dichos proyectos focalizan el aspecto económico o turístico en detrimento de los puntos sociales, culturales, territoriales y ambientales; por lo que existe discordancia entre las intenciones y las acciones efectivas, haciendo evidente la limitada inclusión social, y considerando necesaria la evaluación de las políticas aplicadas.

El desafío ético y político relacionado a la gestión y democratización de datos en Latinoamérica no se queda fuera del abordaje, debido a que plantea problemas

críticos relacionados con la transparencia de datos, privacidad y derechos digitales, haciendo evidente la necesidad de avanzar y crear políticas públicas claras sobre la gobernanza de datos. Sin la implementación de estas políticas, el uso de tecnología podría profundizar las desigualdades en lugar de resolverlas; la figura 3 evidencia un proceso sistemático y estructurado para la implementación y aplicación de los datos abiertos, democratizándolos para las diferentes regiones.

En cuanto a la brecha que limita el alcance de las innovaciones tecnológicas se plantean preguntas fundamentales respecto a cómo superarlas para conseguir el aseguramiento sobre los beneficios que la tecnología y los datos abiertos ofrecen, incluyendo a todos los sectores socioeconómicos, aun cuando esta brecha persiste, la discusión estructurada entre diferentes actores y entes gubernamentales puede ser una solución para alcanzar el acceso de estas tecnologías a diferentes regiones. La gobernanza urbana colaborativa surge en varios contextos latinoamericanos, donde los modelos son impulsados por organizaciones no gubernamentales y, en menor número, por propuestas desde los ciudadanos, en las que se evidencia el potencial uso de tecnologías digitales para promover la participación ciudadana en procesos urbanos. Así, las iniciativas no solo resuelven problemas puntuales, sino que representan una propuesta innovadora frente a los modelos clásicos de planificación urbana en la que son desarrollados de manera vertical; es decir, por grados jerárquicos. Bajo este criterio, las decisiones se desarrollan de manera transversal colocando al ciudadano como piedra angular, otorgándole la característica de prioridad en la gestión urbana enfatizando la necesidad imperante de integrar los datos abiertos en procesos participativos.

Relacionado a las potencialidades, el análisis predictivo urbano surge como una herramienta que aún no ha sido explorada en América Latina, la capacidad de anticipar eventos ambientales, desastres y crisis urbanas mediante el uso de tecnologías avanzadas representa una oportunidad para mejorar la resiliencia y sostenibilidad urbana; sin embargo, para abordar completamente esta capacidad predictiva es necesario fortalecer la infraestructura tecnológica, capacidades locales, asegurando que la gestión con el uso de datos abiertos sea certera, viable y replicable a diversos contextos urbanos en Latinoamérica.

Conclusiones

En el contexto latinoamericano del uso de tecnología y datos abiertos aplicado al urbanismo plantea tanto desafíos como oportunidades. A lo largo del capítulo, se examina cómo la digitalización y optimización de grandes volúmenes de datos ha ido revolucionando la planificación urbana, permitiendo una gestión eficaz de los diferentes territorios, donde la toma de decisiones se basa en enfoques estratégicos. Sin embargo, el uso de estas tecnologías evidencia una desigualdad entre los países de la región; aspectos como el desequilibrio en su adopción y ejecución agudizan las

realidades sociales regionales. Temas como la seguridad urbana, la sostenibilidad, la movilidad y la predicción de patrones urbanos presentan diferencias regulatorias, así como tecnológicas. Estas discordancias ofrecen un gran campo de acción para urbanistas y expertos en metodologías inclusivas, las que pueden ser aprovechadas por las tecnologías emergentes.

Adicionalmente, se puede concluir que existe una dualidad en la región entre la exclusión digital y el acceso a la información. En ciudades como Bogotá, Lima, São Paulo, o Ciudad de México el uso y aplicación de tecnología así como de datos abiertos ha facilitado la implementación de modelos predictivos, en los cuales se mejora la movilidad, así como la seguridad en entornos urbanos; sin embargo, en otras ciudades de la región como Ibarra, Cochabamba, etcétera, el acceso a la tecnología aún es limitado, generando desigualdades estructurales que incrementan la idea de que la digitalización no es alcanzable para conseguir la igualdad urbana. Por ello se hace necesaria la implementación de políticas públicas que fomenten la utilización; así como la distribución igualitaria. De esta manera se reduce la brecha tecnológica entre los diferentes estratos urbanos.

El análisis identificó que la gestión del ecosistema digital es un punto para reforzar, donde se evidencia que la gobernanza de datos en América Latina se encuentra en manos de las instituciones públicas y, en menor grado, de las instituciones privadas, evidenciando un acceso desigual a los datos urbanos. De igual manera, la falta de transparencia en la gobernanza de datos es un desafío para que la planificación urbana sea un proceso participativo e inclusivo. La articulación entre tecnología y datos abiertos se vuelve fundamental para democratizar su acceso, tanto para la academia, empresas y entes gubernamentales, generando nuevas investigaciones; así como soluciones a problemas urbanos.

Un aspecto complementario con lo anterior es la disposición y uso de los datos abiertos en la sociedad civil, garantizando la eficiencia y eficacia en su implementación. De esta manera, la información recopilada no solo será utilizada en las decisiones gubernamentales. Al descentralizar los datos, se permitirá que la academia, los ciudadanos y los entes particulares se vean beneficiados de la aplicación y uso de nuevas tecnologías. Para ello es necesario generar formación profesional debido a que es nueva tecnología y es necesario reforzar las capacidades del personal humano para que pueda implementar estas soluciones en sus diferentes escalas territoriales.

Una de las dificultades a ser abordadas es el cambio de paradigma al utilizar nuevos sistemas *versus* la planificación y gestión tradicional del territorio. Al seguir estos modelos, se dificulta la adopción de nuevas estrategias así como de herramientas. Dejando de lado la adopción de insumos digitales de gobernanza urbana, dicha desvinculación dificulta el entendimiento de la ciudadanía respecto a los verdaderos avances tanto de concepto, así como de reducción de tiempo a la hora de procesar

las simulaciones urbanas. En este sentido, es fundamental replantear la manera en la se diseña e implementan políticas de digitalización urbana; no basta con incluir tecnologías avanzadas, adicionalmente hay que garantizar el acceso y uso para todos los actores.

Las plataformas abiertas y colaborativas pueden ser un elemento importante para desarrollar en diferentes territorios latinoamericanos, niveles de gobierno, así como niveles de educación, la estructuración de los datos para ser compartidos, procesados y utilizados, promueven la cohesión y transparencia en la toma de decisiones.

La incorporación de datos abiertos al sector urbanístico en América Latina no puede ser una copia de modelos extranjeros sin que estos sean adaptados en lo necesario. Las disparidades sociopolíticas, económicas y culturales de la región exigen soluciones específicas que aborden las demandas locales y fomenten soluciones inclusivas, en lugar de simplemente adoptar tecnologías extranjeras.

El territorio latinoamericano tiene la posibilidad de convertirse en un ejemplo del uso y desarrollo de tecnologías y datos abiertos en la planificación urbana; sin embargo, esto dependerá del progreso y las condiciones adecuadas para su implementación; donde deberían ser: inclusivas, reguladas y centradas en el bienestar de todos.

La planificación urbana basada en datos debe ir acompañada de políticas de gobernanza digital que garanticen la equidad en su aplicación e implementación, si no se acompaña de una infraestructura estable y buenas normas, su uso puede convertirse en una fuente más de desigualdad, en lugar de una herramienta para reducirla.

Desde una perspectiva prospectiva, pueden surgir numerosas preguntas sobre el uso de datos abiertos en la planificación urbana, así como de la integración de tecnologías emergentes, tales como la inteligencia artificial y el internet de las cosas, creando nuevas posibilidades para mejorar la eficiencia en la gobernanza urbana. Esta automatización también plantea interrogantes sobre el lugar que debe ocupar la democracia digital en la toma de decisiones urbanas.

El establecimiento de una base de datos abiertos y accesible sigue siendo un problema que debe resolverse tanto a nivel político como jurídico. Regionalmente no existe un estándar para la recopilación y el uso de datos urbanos, por lo que la propiedad y el uso de los datos resultan confusos. En este sentido, el establecimiento de mecanismos para una gobernanza digital más democrática y participativa puede ser fundamental para evitar el uso segregado de los datos por parte de los distintos actores.

Finalmente, la región enfrenta un fenómeno de narcoterrorismo de datos en constante evolución a diversos niveles y surge la pregunta sobre el lugar que cobrará la tecnología, digitalización y los datos abiertos en este contexto; todo esto considerando que el

terrorismo de datos y seguridad digital en América Latina es un concepto que aún no ha sido objeto de un estudio detallado y pormenorizado, así como tampoco de investigaciones académicas sobre estos temas.

La adopción de tecnologías emergentes para la recolección y el análisis de información en tiempo real constituye una ventaja estratégica para las administraciones gubernamentales, pero también un riesgo significativo cuando dichos datos son obtenidos por actores que buscan la desestabilización social.

En un entorno marcado por la constante evolución de la tecnología, se hace necesario que los gobiernos de América comiencen a implementar políticas de ciberseguridad más estrictas, centradas en la protección de los datos urbanos y la privacidad ciudadana. La aplicación de regulaciones más estrictas respecto a la recopilación, preservación y acceso a la información pública será fundamental para prevenir el uso indebido de dichos datos por parte de organizaciones criminales o entidades que puedan intentar manipular la información con fines estabilizadores, así los datos abiertos son una herramienta muy útil para la planificación urbana; sin embargo, su éxito en América Latina dependerá de cómo se gestionen las políticas de acceso a la información, el gasto en infraestructura tecnológica y la capacidad de las ciudades para garantizar una gobernanza digital justa, sin estos factores, la digitalización de los datos urbanos corre el riesgo de acelerar las desigualdades en lugar de atenuarlas.

Bibliografía

- BID (2022). Urbanismo ciudadano en America Latina.
- Carmo, M. (2011). The Alphabet and the Algorithm.
- Cocchia, A. (2014). Smart and Digital City: A Systematic Literature Review (pp. 13–43). https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3_2
- Codina, L. (2020). Revisiones sistematizadas en Ciencias Humanas y Sociales. 3: Análisis y Síntesis de la información cualitativa. In *Metodos Anuario de Métodos de Investigación en Comunicación Social*, 1 (pp. 73–87). Universitat Pompeu Fabra. <https://doi.org/10.31009/metodos.2020.i01.07>
- Creswell, J. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approache* (Third edition).
- D’Alva, O. A., & Paraná, E. (2024). Official statistics and big data in Latin America: Data enclosures and counter-movements. *Big Data and Society*, 11(1). <https://doi.org/10.1177/20539517241229696>
- Ejarque, J. L. B., & Tirado, F. J. (2024). The arrival of AI to the cities: platform urbanism and new regimes of governmentality. *Revista CIDOB d’Afers Internacionals*, 138, 195–217. <https://doi.org/10.24241/rcai.2024.138.3.195>
- Figueroa, N. (2020). Revisión sistemática de bibliografía con análisis de tendencias de investigación: unas pautas generales ejemplificadas. <http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/idgip>
- Galceran, M. (2023). Artificial intelligence and cities: The global race to regulate algorithms. *Notes Internacionals CIDOB*, 286, 1–6. <https://doi.org/10.24241/NotesInt.2023/286/es>
- Galceran, M., & Vidal, A. (2024). Mapeo de la inteligencia artificial urbana: primer informe del Atlas de la Inteligencia Artificial Urbana del GOUAI. <https://www.cidob.org/publicaciones/mapeo-de-la-inteligencia-artificial-urbana-primer-informe-del-atlas-de-la>
- Gomis-Balestreri, M. (2017). Del gobierno electrónico al big data: la digitalización de la gestión pública en Colombia frente al control territorial. *OPERA*, 21, 25–53. <https://doi.org/10.18601/16578651.n21.03>
- Higgins, J. P. T., López-López, J. A., Becker, B. J., Davies, S. R., Dawson, S., Grimshaw, J. M., McGuinness, L. A., Moore, T. H. M., Rehfuss, E. A., Thomas, J., & Caldwell, D. M. (2019). Synthesising quantitative evidence in systematic reviews of complex health interventions. *BMJ Global Health*, 4(Suppl 1), e000858. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-000858>
- Kassen, M. (2013). A promising phenomenon of open data: A case study of the Chicago open data project. *Government Information Quarterly*, 30(4), 508–513. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2013.05.012>
- Kitchin, R., Lauriault, T., & McArdle, G. (2017). *Data and the City*. www.routledge.com/
- Lai, C. S., Jia, Y., Dong, Z., Wang, D., Tao, Y., Lai, Q. H., Wong, R. T. K., Zou, A. F., Wu, R., & Lai, L. L. (2020). A Review of Technical Standards for Smart

- Cities. In *Clean Technologies* (Vol. 2, Issue 3, pp. 290–310). MDPI. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol2030019>
- Lasso, L., Franco, D., & Estrada, R. (2022). Aplicaciones de la Datificación y Big Data en América Latina entre el 2015 y 2019. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 14(2), 125–143. <https://doi.org/10.22335/rlct.v14i2.1594>
- Luque-Ayala, A., & Marvin, S. (2020). *Urban operating systems : producing the computational city*. The MIT Press.
- Manske, J., Sangokoya, D., Barret, L., Pestre, G., & Letouzé, E. (2015). Opportunities and Requirements for Leveraging Big Data for Official Statistics and the Sustainable Development Goals in Latin America.
- Muente-Kunigami, A., & Serale, F. (2018). Los datos abiertos en América Latina y el Caribe. www.iadb.org
- Núñez, C. (2019). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID]. https://oa.upm.es/54513/1/TFG_Grande_Nunez_Carlos.pdf
- Ochoa, R. (2022). BIG DATA APLICADO A LA MEJORA DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS EN LA CIUDAD DE PARANÁ. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2022/07/informe-final-big-data-ultima-version.pdf>
- Paquette, C. (2020). Urban regeneration: A latin american overview. *Revista INVI*, 35(100), 38–61. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582020000300038>
- Pellicer, S., Santa, G., Bleda, A., Maestre, R., Jara, A., & Skarmeta, A. (2013). A global perspective of smart cities: A survey. *Proceedings - 7th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, IMIS 2013*, 439–444. <https://doi.org/10.1109/IMIS.2013.79>
- Piekas, A., Bernardy, R., Sehnem, S., & Fabris, J. (2018). Legal aspects and perceptions on strategies for smart and creative cities: Study of the municipality of Chapecó (SC). *Urbe*, 10, 197–211. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.SUPL1.AO11>
- Rossi, L. S. (2022). Ciudades, comunicación digital y pospandemia: de las smart cities al urbanismo de plataformas. *Universitas*, 37, 123–146. <https://doi.org/10.17163/uni.n37.2022.05>
- Rouhiainen, L. (2018). INTELIGENCIA ARTIFICIAL 101 COSAS QUE DEBES SABER HOY SOBRE NUESTRO FUTURO INTELIGENCIA ARTIFICIAL. https://planetadelibrosar0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39307_Inteligencia_artificial.pdf
- Rueda, S. (2019). El Urbanismo ecosistémico. LI, 2019. <https://recyt.fecyt.es/index.php/CyTET/article/download/77733/48005/0>
- Ruvalcaba Gómez, E. A. (2020). Open data. *Eunomia. Revista En Cultura de La Legalidad*, 18, 327–334. <https://doi.org/10.20318/eunomia.2020.5280>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

Difusión, reivindicación y rescate de la arquitectura moderna en Xalapa: arquitectura escolar, la búsqueda del control climático y su respuesta al contexto

Dissemination, vindication and rescue of modern architecture in Xalapa: school architecture, the search for climate control and its response to the context

Eunice del Carmen García García¹

Resumen: La arquitectura moderna educativa en Xalapa revela una notable integración de principios bioclimáticos con el contexto local. Las edificaciones escolares, impulsadas por el CAPFCE (Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas), demuestran cómo la arquitectura moderna respondió eficazmente a las necesidades funcionales, climáticas y culturales. Estas estructuras, diseñadas bajo criterios que equilibran estética y funcionalidad, aún ofrecen confort climático. Este análisis subraya la relevancia de cuatro soluciones arquitectónicas para proyectos educativos de la arquitectura moderna educativa en Xalapa, que ofrecen valiosas lecciones sobre la integración de criterios formales y principios bioclimáticos, creando edificios sostenibles y culturalmente significativos. Preservar este legado es fundamental para el diseño educativo futuro. El trabajo se basa en una metodología mixta, que se apoya en fuentes de información primarias, visitas al lugar, y análisis formales que se mezclan con criterios de intervención en la búsqueda de un confort climático.

Palabras clave: arquitectura moderna, arquitectura escolar, control climático

Abstract: The analysis of modern educational architecture in Xalapa reveals a remarkable integration of bioclimatic principles with the local context. School buildings, promoted by CAPFCE (Administrative Committee of the Federal Program for School Construction), demonstrate how modern architecture effectively responded to functional, climatic, and cultural needs. These structures, designed under criteria that balance aesthetics and functionality, still provide climate comfort. Modern school architecture in Xalapa stands out for its innovative solutions and sensitivity to climatic and sociocultural conditions. The visual abstraction of the modern form is complemented by an integration of the site, considering solar orientation, dominant winds, and local materials. This analysis underscores the relevance of these architectural solutions for current educational projects. Modern educational architecture in Xalapa offers valuable lessons on the integration of formal criteria and bioclimatic principles, creating sustainable and culturally significant buildings. Preserving this legacy is fundamental for future educational design

¹ Profesora de tiempo completo, Facultad de Arquitectura Xalapa, Universidad Veracruzana. eungarcia@uv.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8224-0259>

Keywords: modern architecture, educational architecture, climate control

Introducción

El trabajo parte de la idea de reivindicación de la arquitectura moderna en Xalapa, en específico aquella que está destinada a la arquitectura docente, tomando como base el contexto histórico en el que este tipo de arquitectura se dio en el estado de Veracruz.

Se toma como punto inicial que, gracias a diversos sucesos que benefician al sector educativo, el estado de Veracruz, en específico de Xalapa, es un punto importante para el desarrollo de una nueva etapa en el acceso a la educación para todo el país: la creación de la Secretaría de Educación Pública, invitación de pedagogos extranjeros, creación del CAPFCE (Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas), por mencionar algunos.

Aunado a ello, el compromiso del director del CAPFCE de la época a nivel nacional, el Arq. Luis Rivadeneyra Falcó, hace que Xalapa otra vez se convierta en un punto importante en donde la experimentación formal dada a los arquitectos colaboradores permite resolver sin restricciones edificaciones de equipamiento educativo que responden de manera acertada no solo en lo funcional sino también como una respuesta efectiva para el contexto físico que se tiene en el lugar a intervenir (CAPFCE, 1946).

Se muestran cuatro ejemplos de arquitectura docente realizada en Xalapa y alrededores que demuestran las distintas soluciones que responden a estas premisas: escuela rural en Toxtlacoaya, escuela primaria Abraham Castellanos, jardín de niños Bertha Von Glummer y la Escuela Normal Veracruzana.

La arquitectura moderna en México, particularmente en Xalapa, ha sido caracterizada por su búsqueda de innovación y adaptación al entorno. En el contexto de la arquitectura escolar, esta búsqueda se traduce en soluciones formales que buscan mejorar el confort climático.

Por tanto, el objetivo principal es reivindicar, difundir y rescatar a través de este análisis los valores que la arquitectura moderna en Xalapa ha dejado impregnada de soluciones formales que atienden al control climático que son simples respuestas a un correcto análisis del lugar desde todas sus visiones.

La metodología empleada se basa en el análisis de proyecto desde un énfasis formal descrito en el libro *Las pautas de investigación* (Rovira & Gastón, 2007) que son la base para investigaciones sobre el patrimonio moderno dentro del grupo de investigación FORM-UPC.

En estas pautas se estipula, para el estudio del proyecto arquitectónico, el empleo de razonamientos que definan la orientación de la investigación. Para este caso, se usará los criterios estructuradores de la forma moderna dictados por Helio Piñón: abstracción y universalidad, economía de los medios, rigor estructural como articulador espacial, integración al contexto y jerarquía formal y estética funcional, que, a su vez, pueden relacionarse con la obtención del confort térmico en el interior de los espacios.

Los hallazgos principales se pueden percibir desde el recorrido de este trabajo. Están encaminados, primero, a una reivindicación de que la arquitectura moderna, en general, sí atiende a un contexto físico y también social del lugar en donde se emplaza el proyecto. Segundo, que los criterios estructuradores de la forma moderna permiten crear una gama diversa de soluciones arquitectónicas que distan mucho de una monotonía formal y, que, por tanto, es durante los años 40-60 el momento en el que existen una amplia gama de soluciones para la arquitectura docente. Y tercero, es preciso mirar hacia atrás en nuestra historia para darse cuenta de que existen soluciones que son vigentes que, aunque no sean recientemente construidas, tienen atributos que puede ser retomados en nuevos proyectos arquitectónicos dedicados a la docencia.

Problema, fenómeno de investigación y contexto de la problemática

El problema central de esta investigación es la falta de reconocimiento y de valor hacia la arquitectura moderna escolar en Xalapa, especialmente en cuanto a su contribución al confort climático. El contexto de la investigación se sitúa en la necesidad de preservar y difundir el patrimonio arquitectónico moderno, que enfrenta desafíos como la falta de mantenimiento y la amenaza de demolición.

La búsqueda del control climático en estas estructuras es crucial, ya que Xalapa experimenta un clima con altos niveles de humedad y temperaturas moderadas, lo que requiere diseños arquitectónicos que mitiguen estos factores. Además, la preservación de estas obras es esencial para entender la evolución de la arquitectura educativa en México.

Fundamentación teórica

La arquitectura moderna en México se ha caracterizado por su enfoque en la funcionalidad y la adaptación al entorno. Autores como Luis Barragán y Félix Candela han sido pioneros en la incorporación de soluciones climáticas en sus diseños (Gómez Mayorga, 2013). En el ámbito escolar, la búsqueda del confort climático se ha logrado mediante el uso de estrategias que pretenden mejorar las condiciones internas de los espacios principales: las aulas.

Se divide en dos grandes rubros; por un lado, aquellos criterios estructuradores de la forma moderna (Piñón, 2000), que son criterios proyectuales que fundamentan el proyecto moderno y que además están estrechamente ligadas a la forma arquitectónica, dándole unas particularidades que son reconocibles en la arquitectura escolar de Xalapa y alrededores. Por otro lado, se describen aquellos conceptos relacionados con el contexto físico; específicamente los que buscan la optimización de la forma basándose en criterios bioclimáticos como vía para lograr el confort climático.

A. Criterios estructuradores de la forma moderna

Se toman como base de los criterios estructuradores de la forma, que define Helio Piñón, figura importante en el estudio y teorización de la arquitectura moderna que integran principios estéticos, funcionales y contextuales. Dichos criterios derivados de años de análisis del proyecto moderno buscan equilibrar la abstracción visual con respuestas prácticas atendiendo a un entorno. Estos postulados se detallan a continuación.

Abstracción y universalidad

Para Piñón, la forma moderna se define como una construcción visual abstracta que trasciende escalas y contextos, basada en relaciones estructurales internas (Piñón, 2000). La abstracción no implica desvinculación de la realidad, sino una síntesis de elementos esenciales –geometría, proporción, jerarquías– para poder crear sistemas coherentes. Este concepto presta atención a la comprensión visual, donde la forma es organizada mediante principios universales: ejes, simetrías, ritmos, proporción, entre otros; los cuales garantizan legibilidad y adaptabilidad con el entorno (Piñón & Pfeiffer, 2007).

Economía de medios

Este criterio retoma ideas Le Corbusianas y de Ozenfant, enfatizando la eliminación de lo superfluo con el objetivo de alcanzar soluciones eficientes. Piñón explica que la economía no solo se refiere al ahorro del material, sino a la correcta optimización de las decisiones proyectuales, cada elemento cumple roles estructurales, funcionales y simbólicos de forma simultánea. Lo que implica además la selección de materiales por su capacidad expresiva aunada a la técnica (Piñón, 2000).

Rigor estructural como articulador espacial

Es bien sabido que, para que los edificios sean espacios seguros y no sucumban, necesitan de un soporte, la estructura, pero –para Piñón– además de eso, la estructura no es solo el soporte de algo, sino el “esqueleto” que sirve para ordenar espacios y funciones (Piñón, 2000).

Al referirse al rigor, se hace referencia a la coherencia que debe existir entre el sistema constructivo y la distribución del programa arquitectónico, en donde vigas, pilares y losas definen ritmos espaciales y flujos. Además, al entrar en escena los climas

cálidos, este principio permite generar doubles alturas o patios interiores que faciliten la convección térmica (Piñón, 2000).

Integración del contexto

La forma moderna —a pesar de lo que muchos críticos afirman—, no ignora el sitio, sino que, por el contrario, dialoga con él mediante estrategias visuales y climáticas. Piñón rechaza el mimetismo, aboga por las relaciones formales con el contexto a través de orientaciones que capten los vientos, volúmenes que generen sombras o materiales que tengan cualidades de reflejar la radiación solar.

Jerarquía visual y funcionalidad estética

Hablar de la belleza —para Piñón— es resultado de una coherencia entre la forma y la función, donde cada decisión proyectual tiene una razón de ser estética y técnica (Piñón & Pfeiffer, 2007). Esto se traduce en elementos como los aleros que desvían lluvias o celosías que filtran de manera regular la luz sin cerrarse visualmente al exterior, lo que brinda eficiencia y expresión plástica.

Los criterios estructuradores de la forma que define Piñón —abstracción, economía, rigor estructural, integración contextual y jerarquía funcional— proporcionan un marco que cumplen los proyectos educativos modernos que se analizarán, ya que equilibran innovación formal y responsabilidad ambiental, en una época en la que esos criterios estaban inmersos en la forma de hacer arquitectura.

B. Búsqueda del confort climático

Para abordar la adaptación de la arquitectura al contexto con el objetivo de lograr el confort climático, esta se encuentra vinculada a la idea de lograr, a través de la arquitectura, un control climático al interior de los espacios, comprender que las condicionantes bioclimáticas propias del lugar dan respuestas para la generación del proyecto arquitectónico. Por ello, se presenta una serie de principios y estrategias de diseño que responde a las condicionantes climáticas, combinando tradiciones constructivas con tecnología moderna en México.

Al entender al hombre como parte fundamental de la arquitectura, es preciso entender las necesidades primordiales de su confort. Desde inicios de la prehistoria, los individuos han buscado la supervivencia a las adversidades naturales; gracias a la observación y análisis de su contexto han conseguido, en la medida de lo posible, una zona de bienestar y comodidad apta para subsistir.

Distinguir los aspectos principales que afectan este confort van ligados a la comprensión del contexto, desde el propio espacio habitable hasta los factores que en él intervienen: luz, sonido, clima, etc. y dependerán de las características y costumbres del usuario.

No hay que olvidar que la función básica de la arquitectura en el diseño de ambientes habitables se realizará sobre los parámetros de confort, pero se precisará siempre de un conocimiento de la influencia de los factores que intervienen para conocer la repercusión real de las decisiones que se tomen en el proceso de concepción del proyecto.

Estos criterios combinan diferentes estrategias que enuncian diversos estudios sobre bioclimática como los de Serra, Olgyay, Lacomba, Etcheverry, Castro, entre otros, y sirvió como pauta para el análisis de los casos de estudio.

Orientación estratégica y captación solar

Este principio busca la optimización de la trayectoria solar mediante estudios de asoleamiento estacional. Incluiría el diseño de aleros, ventanas orientadas al norte-sur en climas tropicales y uso de patios interiores para la regulación térmica. Rafael Serra, en *Arquitectura y energía natural* (Serra, 1999) establece el concepto de "geometría solar dinámica", proponiendo que la orientación debe responder a la variación estacional del ángulo solar. Victor Olgyay en *Design With Climate* (1963) desarrolló el diagrama bioclimático para determinar las estrategias óptimas según latitud (Olgyay, 1963).

Los fenómenos más evidentes que genera el sol son la luz y la radiación. Para la arquitectura es preciso comprender que estos fenómenos pueden tratarse de manera segregada para conseguir efectos específicos. El arquitecto en ocasiones deberá demostrar su habilidad proyectiva para resolver efectos de luz sin que la radiación afecte significativamente el confort climático.

La decisión primera en la concepción de un edificio es la situación en el solar; esta condicionará todo el desarrollo posterior. La buena orientación de los espacios, el juego volumétrico, y su relación entre los espacios escolares serán resultado de una adecuada ocupación del terreno. La buena situación del edificio en el lugar permitirá óptimas circulaciones, una adecuada ventilación y hasta cierto grado de aislamiento del entorno en el que se insertan.

La importancia de la atención al lugar desde el ámbito climático es fundamental para el correcto funcionamiento del objeto arquitectónico, de tal manera que una mala decisión con relación a su implantación puede perjudicar significativamente el confort climático al interior de los espacios habitables de los centros escolares.

Masa térmica

Se trata de la utilización de materiales con alta inercia térmica (adobe, tierra compactada, concreto pigmentado) combinados con sistemas livianos. Giovannu Baruch en *Man, Climate and Architecture* propuso la "masa térmica selectiva" (Baruch, 1969), mientras Olgyay (1963) cuantificó los espesores óptimos para climas áridos

(45-60 cm). Lo que permite tener una pauta amplia de actuación en las diferentes formas de emplear la masa térmica como elemento de control climático.

Ventilación cruzada

Se trata de aprovechar las corrientes de aire naturales para mejorar la calidad del aire interior y reducir el consumo energético en edificios. El empleo en el diseño de las aberturas estratégicas que aprovechen los vientos dominantes y potencien el efecto Venturi en lugares donde se requiera para lograr una correcta sanitización y confort térmico de los espacios; es decir, el aire fresco entra por una abertura y el aire viciado o caliente sale por la otra, aprovechando las diferencias de presión y temperatura entre el interior y el exterior. Ruth Lacomba en su *Manual de arquitectura solar* muestra algunas estrategias de emplazamiento dependiendo del lugar, topografía, clima, dando pautas para la búsqueda del control climático (Lacomba, 1991).

Sistemas pasivos y activos

Se trata del empleo de tecnologías de bajo consumo con sistemas tradicionales en la medida de lo posible, evitando la integración de sistemas de consumo de energía no renovable.

- *Sistemas activos*. Son los que consumen energías auxiliares para mejorar su rendimiento, con mecanismos que incrementan la circulación de los fluidos que transportan el calor captado de la radiación solar (Serra, 1999). Como ejemplos se pueden mencionar las placas solares, el aire acondicionado; entre otros.
- *Sistemas pasivos*. También llamados “arquitectura pasiva” Se aprovecha la energía solar para calefacción, sin añadir nuevos elementos a los edificios sino, al contrario, usando la misma forma y materiales de la construcción para conseguir, sin ninguna energía auxiliar, el mismo rendimiento energético (Serra, 1999).

Vegetación integrada

Se refiere a la incorporación de plantas y vegetación en la estructura y diseño de los edificios, no solo como un elemento decorativo, sino como una parte integral del sistema constructivo que aporta beneficios ambientales, energéticos y estéticos. Uso de especies endémicas como elementos bioclimáticos activos que sirvan como colchones térmicos o elementos de protección solar.

Gestión hidrológica circular

Se basa en los principios de la economía circular, enfocándose en la reutilización, reciclaje y optimización del agua. Este enfoque busca cerrar el ciclo del agua, reduciendo el desperdicio y promoviendo su reutilización en sectores industriales, urbanos y agrícolas. Los beneficios incluyen la reducción del consumo de agua dulce, disminución de la contaminación, ahorro económico, resiliencia climática y cumplimiento normativo. Además, permite la recuperación de nutrientes y energía, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y económica a largo plazo (Red de Agua UNAM, 2019).

Adaptabilidad climática evolutiva

La adaptabilidad climática evolutiva en arquitectura es un enfoque que integra flexibilidad estructural y diseño proactivo para que los edificios y espacios urbanos puedan ajustarse continuamente a los cambios climáticos presentes y futuros. Combina principios de resiliencia, sostenibilidad y tecnología para crear sistemas constructivos capaces de evolucionar sin requerir demoliciones o reformas costosas (Smit, 2000). Este concepto reduce la vulnerabilidad ante fenómenos extremos (como inundaciones u olas de calor) mediante estructuras modulares y materiales autorreparables. Promueve la eficiencia energética al incorporar soluciones pasivas (ventilación cruzada, sombreado dinámico) que se adaptan a variaciones térmicas. Además, extiende la vida útil de los edificios al permitir reconfiguraciones según nuevas necesidades climáticas o sociales, lo que disminuye costos a largo plazo. Su enfoque anticipatorio minimiza el impacto ambiental y fortalece la resiliencia urbana, alineándose con estrategias como los planes nacionales.

Metodología aplicada

La metodología de investigación aplicable en este trabajo está propuesta en el libro *Pautas de Investigación* de la Dra. Teresa Rovira y la Dra. Cristina Gastón, de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) (Gastón & Rovira, 2007), en donde se establece un marco riguroso para la indagación científica en el ámbito de la arquitectura, orientado a la estructuración del proceso investigativo mediante principios epistemológicos sólidos y procedimientos metodológicos sistemáticos, con el propósito de garantizar la coherencia y la validez de los estudios en el campo arquitectónico.

Uno de los pasos fundamentales de esta metodología es la definición clara del objeto de estudio. Esto implica la delimitación precisa del problema de investigación y su contextualización en el marco teórico pertinente. Para ello, se enfatiza la necesidad de una revisión bibliográfica exhaustiva que permita identificar los antecedentes y debates existentes en la disciplina. Dicho análisis debe ser crítico y selectivo, con el fin de evitar redundancias y asegurar la pertinencia de la investigación dentro del panorama académico.

Por tanto, la metodología empleada es mixta, combinando análisis documental de archivos y fotografías históricas y actuales, dibujos arquitectónicos, y una valoración cualitativa de cada obra seleccionada. Se enfoca en las soluciones formales que contribuyen al confort climático, como la orientación, la ventilación cruzada, y el uso de materiales locales. Las obras elegidas son emblemáticas de la arquitectura moderna en Xalapa y ofrecen una visión detallada de cómo se abordó el control climático en la región.

Para este estudio se utilizaron dos grandes categorías: las estructuradoras de la forma y los conceptos que ayudan a lograr el control climático al interior. El aporte de esta investigación es poner sobre la mesa una forma de ver la arquitectura moderna docente

en el ámbito actual; a la vez que reivindicar, a través de estos estudios, los valores que la arquitectura local dedicada a la docencia otorga con relación a la atención al lugar, crítica que ha sido, en innumerables ocasiones, hecha a la arquitectura moderna por su “nula” interacción con el contexto.

Resultados

Se consideran resultados los análisis de los cuatro casos de estudio que se seleccionaron, en ellos se describen características generales y particulares de cada obra, todo esto fue posible gracias al material gráfico y de archivo consultado en el archivo del Museo Nacional de Arquitectura, adscrito al Instituto Nacional de Bellas Artes en Ciudad de México, al archivo digital de la Benemérita Escuela Normal Veracruzana en Xalapa, así como a recorridos a cada una de las obras en donde se pudo registrar de manera fotográfica el estado de cada inmueble.

1. Escuela rural en Toxtlacoaya, Las Vigas, Veracruz, 1944; Arq. Luis Rivadeneyra
2. Escuela “Abraham Castellanos”, Xalapa, Veracruz; Arq. Luis Rivadeneyra
3. Benemérita Escuela Normal Veracruzana, Xalapa, Veracruz, 1968; Arq. Enrique Sordo
4. Jardín de niños “Bertha von Glümer”, 1968 Xalapa, Veracruz; Arq. Enrique Murillo

Escuela rural en Toxtlacoaya, Veracruz (1944)

La escuela rural en Toxtlacoaya probablemente sea una de las primeras escuelas rurales construidas en el estado de Veracruz, dentro del primer programa del CAPFCE. Está ubicada en la zona montañosa del municipio de Las Vigas, a unos 2,500 m sobre el nivel del mar, con un clima templado-húmedo-regular, extremo en invierno y con abundantes lluvias en verano, lo que representa temperaturas entre 3 y 23 °C.

Su emplazamiento está ubicado a un costado de la carretera nacional Xalapa-Ciudad de México, en una curva en donde la topografía va en contrapendiente a la vía de circulación

La elección del sistema tradicional responde a una búsqueda de la optimización de los recursos económicos. La utilización de los sistemas constructivos tradicionales adaptados a criterios proyectuales modernos, además del ahorro, logran un lenguaje arquitectónico acorde al lugar.

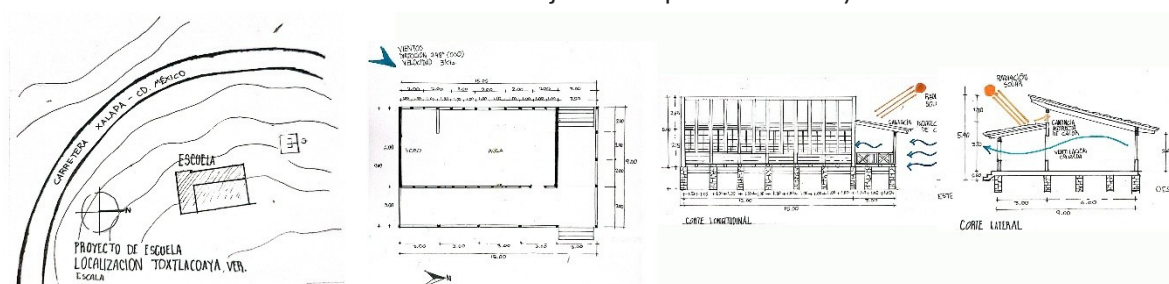
Se trata de una unidad educativa construida en un lugar donde las familias se encontraban diseminadas en los cerros circunvecinos, habiendo logrado que los campesinos se unieran y se agruparan en torno a esta construcción.

El volumen principal orientado sobre su eje norte-sur permite que el asoleamiento permee en su costado este en el horario matutino; justo en esa cara, el alero es más

corto para permitir el calentamiento del espacio al interior en tempranas horas del día. Por el contrario, en su fachada oeste se despliega un porche que se extiende también por el lado sur, lo que permite que se proteja de manera eficiente del sol más dañino del atardecer. La disposición inclinada de la cubierta busca captar el calentamiento provocado por la radiación solar y que este sea transmitido a través de los materiales térmicos hacia el interior del aula.

En este proyecto se distingue la utilización de la modulación estructural; lo que permite que el sistema constructivo se adapte a una medida determinada. El piso de madera está separado del suelo, descansando sobre morillos de pino y de bases de piedra. En todos sus elementos estructurales se utilizó madera, con excepción de los muros laterales que son de mampostería de piedra. Los techos son de teja de barro. Por estar en un lugar frío, se proyectó el techo inclinado, permitiendo la entrada del sol por la tarde, para calentar su interior. La corteza (cospe) de la madera se empleó como revestimiento en la parte interior de los muros. Las vigas se armaron con tablas de 1" de espesor. El barandal está construido con varilla de 2" pulgadas y sus postes de 3 ½".

Imagen 1. Escuela en Toxtlacoaya, Las Vigas de Ramírez, Veracruz. Fuente: Daniel Suárez (2025) basándose en los dibujos del Arq. Luis Rivadeneyra.



Escuela “Abraham Castellanos”

Se ubica en la calle Guerrero del centro en la ciudad de Xalapa, Veracruz; lugar que tiene un clima templado-húmedo con variaciones, lo que significa que en verano y a principios de otoño las lluvias son abundantes y en invierno, las pequeñas lloviznas con niebla se hacen presentes.

El emplazamiento es cuidado al adaptarse a una orientación para las aulas norte-sur lo que permite que tengan la iluminación natural en las primeras horas de la mañana, protege la fachada este con elementos verticales que hacen las veces de parteluces; de tal manera que la iluminación entra de manera cenital a las aulas. Por su otro costado, el oeste, se crea un pasillo que permite el control del sol por la tarde. Es relevante que, en planta baja, se proyecten aulas al aire libre, mismas que hacen que las aulas cubiertas del volumen crezcan al exterior. Las circulaciones verticales colocadas en los costados norte y sur del volumen principal funcionan como elementos de amortiguamiento térmico en el caso de la escalera sur. La estrechez de la forma rectangular del volumen

principal permite que los vientos dominantes permitan atravesar de manera adecuada las aulas con lo que se resuelve eficientemente la circulación del aire, sanitizando el espacio.

Los postes de concreto armado, a la vez que se utilizan como piezas estructurales, se aprovechan como elementos para impedir la entrada de rayos solares. La sencillez de sus líneas y formas, refleja la claridad de su distribución, habiendo logrado un buen ejemplo de arquitectura escolar. Los sanitarios se organizan desde el corredor. En el corredor se aprecian unas columnas protegidas con tubos de 6 pulgadas de asbesto-cemento, barandales de concreto, lambrines de ladrillo de barro, muros divisorios con ventilas en la parte superior, pisos de mosaico de cemento. El espacio que está frente a las aulas es el que se destina para las clases al aire libre.

Imagen 2. Escuela “Abraham Castellanos”, Xalapa, Veracruz. Fuente: Vania Godos (2025) y Eunice García (2025) basándose en los croquis del Arq. Luis Rivadeneyra.



Jardín de niños “Bertha von Glümer”

Se trata de un jardín de niños ubicado en la Av. Xalapa esquina Av. Ávila Camacho, en colindancia con la antigua Escuela Normal Veracruzana de estilo neocolonial. El plan generador del conjunto parte de una figura radial con un patio central en torno al cual se organiza el programa arquitectónico.

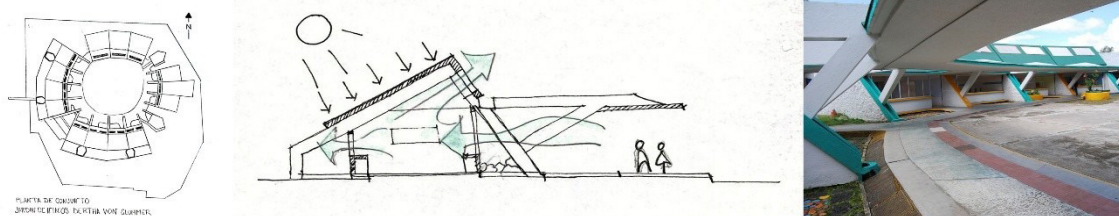
El proyecto se desarrolla con una gran cubierta a dos aguas que reviste las aulas de los infantes; así como las circulaciones hacia cada una de ellas. Además, esta marquesina que cubre los recorridos exteriores de las aulas logra dotar de continuidad y unidad formal.

El entendimiento de la estructura como parte formal del objeto permite concebir un proyecto que se apoya en esta como elementos pasivos ante las condicionantes climáticas del lugar.

En el espacio interior de las aulas, que se elevan a doble altura con abertura por dos de los muros del aula y una abertura en la cubierta, permite y favorece la circulación cruzada a la vez que su altura permite la estratificación del aire caliente.

En el diseño de las ventanas se busca la transparencia como un efecto visual, con la intención de producir una fusión con el entorno natural del lugar.

Imagen 3. Jardín de niños “Bertha von Glümer”, Xalapa, Veracruz. Fuente: Esquema de organización Dibujo: Jordan Ruiz (2025); corte: Eunice García (2025): ambos basados en levantamiento del lugar. Imagen: Eunice García García (2020).



Benemérita Escuela Normal Veracruzana

El proyecto de la Escuela Normal Veracruzana surge bajo el encargo del gobernador López Arias al Arq. Enrique Sordo, solicitándole un campus educativo que llegase a ser un referente a nivel latinoamericano.

El arquitecto Enrique Sordo explica como afrontó el proyecto, realizando reuniones continuas con docentes, obligándolos a generar un plan de estudios pensado para la formación de los maestros del futuro, recordando la labor pedagógica que se produjo en Xalapa desde finales del siglo XIX con propuestas pedagógicas innovadoras.

La organización del conjunto está dada por la adaptación a la fisionomía del lugar, desde la pendiente propia del terreno, hasta las condicionantes físicas que tiene, *per se*, el lugar.

En la organización del emplazamiento de los volúmenes se observa que existe una línea de tensión entre los elementos horizontales en la fachada principal y en la curvatura del bloque de aulas. Este volumen de aulas funciona como la articulación entre el bloque de acceso y las aulas-taller. Se crea entonces una continuidad imaginaria de los elementos, gracias a la proximidad en la que se presentan.

Por otra parte, el espacio central funciona como el elemento integrador de todos los bloques construidos, gracias a él se percibe como un todo. De cierta manera también articula el área de la escuela anexa y el recinto educativo para los maestros.

La zonificación queda muy bien delimitada hacia la mitad del solar en donde se concentra la mayor parte del conjunto, dejando el área deportiva en la parte posterior.

Al analizar cada uno de los edificios se puede apreciar que la solución estructural del edificio de aulas consigue producir espacios amplios, en donde los elementos estructurales no interfieren en el interior, además el gesto de sacar la estructura ayuda

a conformar una fachada rítmica en donde se perciben los vanos-macizos. Los cubos de circulaciones verticales que se colocan a cada extremo del bloque se recubren de un plano de celosías que permiten una circulación continua del viento.

El bloque de talleres se define a partir de una serie de aristas que simulan un recorrido dinámico que le otorga movimiento. Estos volúmenes surgen como respuesta a la búsqueda de la iluminación natural al interior de los talleres.

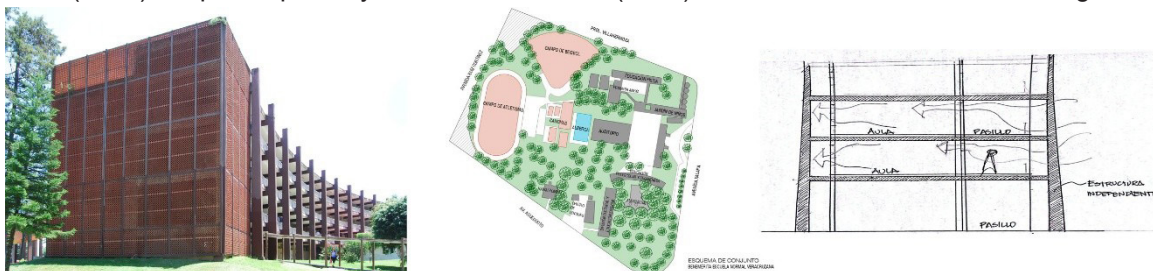
En el bloque de acceso se distingue una modulación marcada que es la que define a todo el conjunto. La solución constructiva de las pasarelas que comunican todos los bloques es singular, ya que se trata de marcos rígidos de metal de los que cuelga la cubierta.

El peso visual que presenta el auditorio es relevante, ya que se lee como una masa pesada, la cual pudiera representar un hito dentro del recinto; esto, apoyado en su gran tamaño. Además, la solución constructiva, a través de cables postensados y trabes de abordo, permitió salvar el claro.

Las texturas empleadas en todo el conjunto se producen a partir de las celosías en las áreas de circulación vertical, o mediante parasoles en el bloque de acceso. Con esto se generan filtros solares, así como protección al interior. Todo ello contribuye a un juego de sombras en el interior de los pasillos.

Este conjunto educativo permite revelar la preocupación del arquitecto por generar un espacio docente acorde con la naturaleza del lugar. El clima tan característico de Xalapa se ve reflejado en cada una de las soluciones arquitectónicas del recinto. Se puede notar una preocupación por la protección solar, pero, a la vez —en aulas que así lo requieren—, entradas de luz natural de manera indirecta, con lo que se evita introducir la energía por radiación que el sol produce. Las soluciones formales discretas y sencillas son ejemplos claros de la aplicación de sistemas pasivos de confort climático.

Imagen 4. Benemérita Escuela Normal Veracruzana. Fuentes: Imagen: Eunice García García (2023), esquema planta y corte: Vania Godos (2025), basado en levantamiento del lugar.

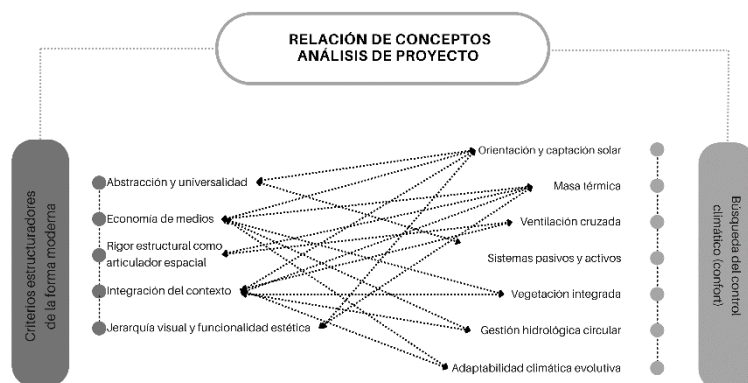


Discusión

La discusión está dada entre los conceptos que comprenden los criterios ordenadores de la forma moderna y aquellos que tienen que ver con la búsqueda del control climático;

es decir, el confort al interior intentando vincular y resaltar las soluciones que se presentan en los cuatro casos de estudio como estrategias que pudieran ser replicadas en la actualidad. Con ello se busca reivindicar la arquitectura moderna educativa de Xalapa dotándola de un valor histórico y proyectual, al cual poco se le ha observado en la historia local.

Ilustración 1. Esquema relación de conceptos del análisis de proyecto. Fuente: Eunice García G. (2025)



El esquema que se muestra sirvió en la investigación para generar esta discusión, partiendo de los proyectos analizados; de tal manera que se pueden vincular directamente la abstracción y universalidad con la orientación, captación solar y los sistemas pasivos, ya que los elementos naturales como el sol y el viento dependen de cada una de las posiciones del objeto arquitectónico en el planeta, y está ligado con mediciones, características que están fijas en su condición climática. Por lo que las condicionantes físicas del lugar van a determinar el proceder en las decisiones de proyecto, relacionadas con la fisonomía del objeto, buscando un control climático.

De esta manera, se observa que las condiciones de asoleamiento y viento para las escuelas "Bertha von Glümer", Abraham Castellanos y Normal Veracruzana son las mismas: un clima templado-húmedo variado; lo que quiere decir que sus temperaturas medias oscilan entre los 35°C en época de calor y hasta los 4° en el invierno. Presenta lluvias abundantes en verano y en otoño, con lloviznas de manera continua durante todo el año, lo que se traduce en humedad continuada. Por su lado, la escuela en Toxtlacoaya, posee la misma condición de estar en una zona con lluvias persistentes durante todo el año, en un clima con mayor condición de frío.

Es así como se puede observar que las aulas, en su mayoría, buscan una orientación este-sureste, lo que da como resultado que la iluminación natural sea óptima por la mañana. Se dejan también, generalmente, las vías de circulación y accesos a las aulas hacia las orientaciones oeste-suroeste; de forma que sirvan como un amortiguador térmico y se tenga una menor incidencia solar en el aula durante las horas más castigadas de sol.

Esta condición la cumplen los proyectos del aula rural en Las Vigas, la Normal Veracruzana, y algunas aulas de los complejos escolares del kínder Bertha von Glümer. No es casualidad que las cubiertas de las cuatro escuelas tengan una inclinación para evitar el estancamiento del agua, sino por el contrario, intentando responder a la condición de la lluvia y que esta se desplace de manera natural para, en ocasiones –como sucede con el jardín “Bertha von Glümer”–, sea la solución idónea formalmente para resolver la configuración general del proyecto.

La captación solar que está vinculada al emplazamiento del proyecto acentúa la solución al estar orientada en todos los casos por la búsqueda de la mayor área de captación, con el fin de poder obtener un calentamiento hacia el interior en la época de frío.

Los conceptos de Piñón: economía de medios e integración del contexto se relacionan de manera directa con todos los conceptos bioclimáticos, pues se establecen vínculos que se traducen en ventajas financieras y ecológicas. La optimización de recursos locales, la reinención de técnicas tradicionales acerca la arquitectura a modelos circulares; esto se puede ver en la escuela de Toxtlacoaya donde se emplea la madera como el material de la región, aprovechando la técnica constructiva regional y la mano de obra de la zona.

El empleo de sistemas pasivos que se deciden desde la concepción del proyecto en ocasiones permite lograr reducir en un porcentaje importante los costos de climatización; esto se puede ver reflejado en las soluciones formales de las cuatro escuelas que, con soluciones en la configuración del proyecto, logran ventilación, iluminación, pero –sobre todo– un confort térmico al interior de los espacios.

Los sistemas de ventilación cruzada estratificada reinterpretan la arquitectura vernácula que propone cubiertas altas para alcanzar la elevación del aire caliente hacia arriba y reciclar el aire al interior del espacio. Esta solución se puede observar en la escuela “Bertha von Glümer” que, además, innova con la gestión hídrica circular a través de la captación del agua de lluvia mediante los canales que recorren todas las cubiertas para recogerla y redireccionarla a una posible captación pluvial.

El empleo de la vegetación integrada trasciende su función ambiental para convertirse en un activo económico; esto se puede observar en el proyecto de la Normal Veracruzana en donde la integración de especies propias de la región del bosque de niebla permiten una adecuación climática en cada una de las zonas comunes del conjunto.

Por otro lado, si se habla del rigor estructural como articulador espacial, se puede vincular con la masa térmica intrínseca de los materiales empleados y su sistematización estructural en las plantas arquitectónicas de la Normal y de la escuela

“Abraham Castellanos”, donde los muros de tabique y celosías permiten un control climático, ya que los ladrillos de barro cocido actúan como baterías térmicas gracias a su alta densidad ($1,800\text{--}2,100\text{ kg/m}^3$) y capacidad calorífica ($0.84\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$). En climas con amplitud térmica diaria (templado), absorben calor durante el día y lo liberan gradualmente por la noche, reduciendo oscilaciones hasta en 8°C (González, 2018). Para aulas escolares, esto significa mantener temperaturas entre $20\text{--}25^\circ\text{C}$ sin sistemas activos, crucial para el confort cognitivo de estudiantes.

La conductividad térmica del barro recocido ($0.5\text{--}0.7\text{ W/m}\cdot\text{K}$)⁷ supera materiales como el concreto ($1.5\text{ W/m}\cdot\text{K}$), generando resistencia térmica (R) de $2.0\text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ en muros de 28 cm. En un edificio educativo de $1,000\text{ m}^2$, esto puede traducirse en un 30-40 % de reducción en consumo de HVAC, equivalente a $18,000\text{ kWh/año}$ (González, 2018).

Por otro lado, el rigor estructural tendrá vínculo directo también con la ubicación de las aberturas en las aulas, ya que el orden estructural dará la pauta para estas, permitiendo así la ventilación higiénica al interior. Esto se ve reflejado en todas las escuelas aquí analizadas, donde se busca no solo la ventilación higiénica, sino también la que permita una ventilación para refrescar el espacio educativo del aula.

Cuando se habla de jerarquía visual y funcionalidad estética, las cuatro escuelas cumplen formalmente las dos condiciones; por un lado, la jerarquía visual que se traduce también en una correcta solución del programa arquitectónico, dotándolo de una estética que se genera por la funcionalidad, sin comprometer su configuración formal con formas volumétricas caprichosas.

Así se pueden ver las soluciones formales generales de los casos de estudios que van desde un rectángulo correctamente estructurado con una trama estructural, en el caso de la escuela en Toxtlacoaya o en la escuela “Abraham Castellanos”, o atreverse a una organización con una ligera curva en las aulas de la escuela “Bertha von Glümer” o de la Normal, permitiendo una adaptación a la funcionalidad de la mano del rigor estructural de su geometría.

Los porches se tratan de espacios que hacen una transición entre interior y exterior; mientras que los patios pueden definirse como espacios cerrados con paredes o galerías que se suelen dejar al descubierto. En la arquitectura escolar, el patio ha tenido siempre un papel fundamental, y no menos importante ha sido el rol de los porches adosados a estos patios. Además de estos dos elementos, es necesario resaltar el hecho de que los patios, además de cumplir con sus funciones básicas —servir de terreno libre para actividades lúdicas, recreativas, pedagógicas e incluso deportivas—, adquieren una función primordial en la calificación medioambiental de las aulas. La triada aula-porche-patio parece ser un componente indispensable para cualquier proyecto de escuela que tome las condicionantes del lugar —incidencia solar y ventilación como condicionantes fundamentales—.

Se puede percibir cómo existen escuelas con emplazamientos multinucleares con patio central. Conjuntos docentes que se ordenan de esa manera tienen la característica principal de la existencia del patio central de grandes dimensiones alrededor del cual se colocan edificios. El patio articula las demás piezas, tales como bloques de aulas, espacios administrativos o salas de actos. Tal es el caso del kínder “Bertha von Glümer”: los elementos que hacen la transición entre esas piezas y el patio son los porches.

Conclusiones

El análisis de la arquitectura moderna educativa en Xalapa revela una profunda conexión entre los principios bioclimáticos y el contexto físico, social y cultural del lugar. Este enfoque demuestra cómo las soluciones arquitectónicas desarrolladas en el pasado, particularmente durante la etapa de experimentación formal impulsada por el CAPFCE, no solo atendieron las necesidades funcionales de los espacios escolares, sino que también respondieron eficazmente al entorno climático y cultural. Estas edificaciones se diseñaron bajo criterios estructuradores de la forma moderna, los cuales equilibran estética, funcionalidad y adaptación al sitio, generando espacios que aún hoy son relevantes para el confort climático.

Los análisis aquí presentados demuestran cómo la arquitectura escolar moderna en Xalapa logró responder al contexto físico mediante soluciones innovadoras que aún son vigentes. Además de atender las condiciones climáticas locales, estas estrategias reflejan una sensibilidad hacia las necesidades culturales y sociales del lugar. La abstracción visual característica de la forma moderna no implica desvinculación del sitio; por el contrario, dialoga con él mediante relaciones formales y funcionales que integran orientación solar, captación de vientos dominantes y uso eficiente de materiales locales. Este análisis también pone en evidencia cómo estas soluciones arquitectónicas pueden ser retomadas en proyectos actuales dedicados a la docencia.

En conclusión, la arquitectura moderna educativa en Xalapa brinda una lección invaluable sobre cómo integrar criterios estructuradores de la forma con principios bioclimáticos para crear edificios funcionales, sostenibles y culturalmente significativos. Su capacidad para adaptarse al contexto físico mediante soluciones innovadoras demuestra que estos valores arquitectónicos trascienden su época y pueden servir como guía para enfrentar los retos actuales en el diseño educativo. Preservar este legado es esencial no solo para valorar la historia arquitectónica local sino también para construir un futuro más sostenible e inclusivo.

Bibliografía

- Baruch, G. (1969). *Man climate and architecture*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company Limited.
- CAPFCE. (1946). *Memoria de la primera planeación, proyección y construcciones escolares de la Republica Mexicana:1944, 1945, 1946*. Distrito Federal: CAPFCE.
- Gastón , C., & Rovira, T. (2007). *El proyecto moderno: Pautas de Investigación*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Gómez Mayorga, R. (2013). *Arquitectura y Clima en México*. México: UNAM.
- González, M. A. (2018). Thermal performance of traditional earth construction system. *Journal of Building Engineering*, (19), 123-133.
- Lacomba, R. (1991). *Manual de arquitectura solar*. Distrito Federal, México.: Editorial Trillas .
- Lacomba, R. (1991). *Manual de arquitectura solar*. Ciudad de México: Trillas.
- Olgyay, V. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Nueva Yersey, Estados Unidos: Princeton University Press.
- Olgyay, V. (2008). *Arquitectura y Clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Piñón, H. (2000). Arte abstracto y arquitectura moderna. *Revista DPA*, 10.
- Piñón, H., & Pfeiffer, H. (2007). *Helio Piñón: Ideas y forma*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Red de Agua UNAM. (2019). *Economía circular en el sector hídrico*. Impluvium.
- Rivadeneira Falcó, L. G. (1951). *Tesis para obtener el titulo de Arquitecto* . Distrito Federal: UNAM.
- Serra, R. (1999). *Arquitectura y Climas*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Serra, R., & Coch, H. (1995). *Arquitectura y energía solar*. Barcelona, España: Edicions UPC.
- Smit, B. B. (2000). An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change*,(45), 223-251.

CIUDADANÍA GLOBAL DESDE LA EDUCACIÓN

Reimagining global citizenship education in an era of geopolitical fragmentation: new trends for internationalizing the curriculum in higher education

Reimaginar la educación para la ciudadanía global en una era de fragmentación geopolítica: nuevas tendencias para internacionalizar el currículo en la educación superior

Héctor Gabriel Rangel Ramírez¹

Resumen: Este estudio examina la integración de temas geopolíticos en los currículos de educación superior y su relación con la educación para la ciudadanía global (ECG) en una era de fuerzas competitivas entre la globalización y la fragmentación geopolítica. A través de un enfoque cualitativo-descriptivo utilizando la metodología de revisión de alcance, la investigación analiza las tendencias actuales en la internacionalización curricular con un enfoque en el contenido geopolítico. Los hallazgos revelan tres ideas clave: las dimensiones geopolíticas proporcionan una base esencial para el desarrollo significativo de la ciudadanía global; la ECG efectiva requiere esfuerzos descolonizadores en el diseño curricular; y existe una tensión entre los marcos educativos críticos/transformadores y neoliberales. El estudio demuestra que las universidades deben examinar críticamente si sus esfuerzos de internacionalización se alinean con los ideales de la ciudadanía global en lugar de simplemente seguir las tendencias basadas en el mercado. Esta investigación aporta nuevos marcos teóricos que conectan los proyectos curriculares con orientación geopolítica con las iniciativas de ciudadanía global.

Palabras clave: educación para la ciudadanía global, geopolítica, internacionalización curricular, educación superior, descolonización.

Abstract: This study examines the integration of geopolitical topics in higher education curricula and their relationship to global citizenship education (GCE) in an era of competing forces between globalization and geopolitical fragmentation. Through a qualitative-descriptive approach using scoping review methodology, the research analyzes current trends in curriculum internationalization with a focus on geopolitical content. The findings reveal three key insights: geopolitical dimensions provide an essential foundation for meaningful global citizenship development; effective GCE requires decolonizing efforts in curriculum design; and there exists a tension between critical/transformative and neoliberal educational frameworks. The study demonstrates

¹ Académico de tiempo completo de instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales (IISES) de la Universidad Veracruzana y miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras de la SECIHTI.

that universities must critically examine whether their internationalization efforts align with global citizenship ideals rather than merely following market-based trends. This research contributes new theoretical frameworks connecting curriculum projects with geopolitical orientation to global citizenship initiatives.

Keywords: global citizenship education, geopolitics, curriculum internationalization, higher education, decolonization.

Introduction

Contemporary higher education scenario is subject to complex competing forces: globalization and geopolitical fragmentation, both pushing international cooperation with a new set of national interests and boundaries. This tension created a new array of perspectives for educators and institutions seeking to develop globally competent individuals. The COVID-19 and other escalating geopolitical phenomena have posed complementary challenges to the international education systems, changing mobility trends and reinforcing nationalist tendencies (Trần et al., 2023).

Despite these challenges or perhaps because of them, global citizenship education (GCE) has emerged as an increasingly important discipline in higher education. This approach aims to build epistemic aspects, cognitive competencies and ethical values in higher education students that become necessary to comprehend the contested and everchanging global environment (Yusof et al., 2019; Noh, 2018), where the internationalization of the curriculum process constitutes a key strategy to produce these global citizenship traits.

As obvious as this may seem, a critical gap exists understanding how geopolitics influence the quest of global citizenship through curricular efforts. Current research has explored international education widely, but there remains limited empirical evidence around the relationship between these two relevant aspects. This study addresses this gap by examining a group of studies that show experiences, analysis and practices related to geopolitical topics being integrated into the curricula and whether this can contribute to the global citizenship approach of universities.

By using a qualitative-descriptive approach and a scoping review methodology, this research identifies current trends in curriculum internationalization with a focus on geopolitical content. The findings will try to contribute to integrating new theoretical frameworks that connect curriculum projects with geopolitical orientation to global citizenship initiatives.

A challenging geopolitical scenario for education

Contemporary geopolitical conditions present significant challenges for international education systems. The COVID-19 pandemic and escalating geopolitical tensions have introduced new complexities to this ecosystem. Trần et al. (2023) note that the pandemic disrupted mobility trends while amplifying existing tensions, compromising international education's effectiveness as these conditions exposed that nations prioritized domestic imperatives over global interests (Mok et al., 2021). Geopolitical factors substantially impact international academic cooperation experiences, particularly for those nations involved in conflicts. For instance, Chinese students at American institutions face challenges upon bilateral relations influencing their campus integration and educational decisions (Xie, 2023).

As nations compete for intellectual capital, competition for high-quality international students has intensified. Nguyen (2020) analyzes how state-subsidized educational initiatives frequently align with geopolitical objectives, reflecting a pattern where international education serves national interests. The resurgence of nationalist ideologies has prompted a reevaluation of immigration protocols and academic cooperation models. Fidler et al. (2022) identify, for example, political determinants increasingly govern international student migration patterns, with nations implementing strategic policies that align with their geopolitical agendas.

Higher education and geopolitics

The relationship between tertiary education and geopolitical phenomena has grown recently in a globally integrated environment where academic institutions must adapt to evolving dynamics to develop special competencies and foster global citizenship (Myers & Rivero, 2020). Educational institutions function as entities embedded within and influenced by geopolitical variables that shape policy frameworks and collaboration relations.

Global competence constitutes an essential educational goal, encompassing cognitive and heuristic abilities to engage with global issues. Research by Pevneva et al. (2019) indicates that international competence represents both linguistic proficiency and intercultural communication capabilities. This competence gains relevance in an era of geopolitical tensions, as students need to critically evaluate broader socio-political narratives regarding national identity and power mechanisms (De Wit, 2024; Etherington, 2014).

The geopolitical context serves as a determinant for program reconfiguration and learning outcomes redesign. Belhoste and Dimitrova (2023) postulate that integrating critical geopolitical consciousness into curricula provides students with analytical tools necessary to comprehend global complexity and foster global citizenship development.

Educational institutions must reconsider integrating global competence models into curricula, understanding the implications of geopolitical tensions on student mobility, and developing programs with global significance.

The role of international curriculum in building global citizenship

Integrating international components into higher education curricula is crucial for building global competence and fostering global citizenship education (Nanthawong, 2024; Aydın et al., 2019; Reysen et al., 2012). GCE has emerged as an important domain in higher education. This approach aims to equip students with epistemic elements, cognitive competencies, and axiological orientations necessary to comprehend and contribute to an increasingly diverse global landscape (Yusof et al., 2019; Noh, 2018).

Educational institutions are increasingly pursuing curricula that encompass local, national, and international perspectives (Nanthawong, 2024), as the implementation of new pedagogical approaches based on communication and collaboration is essential for successful GCE development. Research confirms that developing global citizenship-oriented curricula can enhance students' cross-cultural understanding and communication abilities while fostering social equity values (Aydın et al., 2019; Myers, 2016). For instance, Reynolds et al. (2019) argue that employing interdisciplinary methods and Information and Communication Technologies (ICT) strategies in collaborative teaching projects can promote deeper understanding and commitment to global citizenship. This trend toward curricular innovation highlights the critical need for well-trained educators who can effectively adopt and implement GCE frameworks (Reysen et al., 2012), as professional development for effective curriculum integration is particularly important, as many professors feel unprepared to implement GCE effectively (Rapoport, 2010).

The implementation of GCE should include an understanding of globalization's implications, which create new configurations of citizenship. Globalization pressures have catalyzed a more global perspective on higher education, challenging conventional frameworks and encouraging axiological understanding of human rights, sustainability, and social responsibilities (Kennedy, 2012). This deepened conception prepares students to become active participants in addressing global challenges in intercultural environments.

Problem, research question and objectives

The integration of geopolitical topics in higher education curricula represents a critical yet understudied approach to prepare students for global citizenship in an increasingly interconnected world. Understanding how geopolitics shapes the development of global citizenship competencies would provide valuable insights for curriculum designers, policy makers, and educators seeking to foster globally minded graduates. Furthermore,

while existing research has explored international education broadly, there remains a gap in empirical studies examining the specific curriculum perspectives in which geopolitical topics enhance global citizenship traits.

Hence it is pertinent to analyze, *how does geopolitical topics are used in higher education curricula? Are these geopolitical topics linked to global citizenship education or aimed to contribute to any of the global citizenship traits?*

By studying the relationship between both concepts this research will try to contribute to new or improved theoretical frameworks connecting curricular projects with geopolitical orientation with global citizenship initiatives. The results could ultimately provide evidence-based practices and conceptual models for universities seeking to educate individuals capable of understanding and contributing actively to our complex global society.

The overall objectives of this study are:

1. To identify how geopolitical topics are integrated into higher education curricula in different institutions or programs.
2. Analyze the trends and projects based on building global citizenship in higher education through the internationalization of the curricula.

Methodology

The present analysis will be conducted through a qualitative-descriptive approach, having the scoping review methodology as a tool to reflect on the connections between geopolitics and global citizenship in the frame of the university curriculum. This method offers a set of advantages that can help generate a broad understanding of a complex area. One of the main advantages of scoping reviews is the ability to map the breadth of existing literature on a topic, facilitating a clearer grasping of the different concepts and their scientific reach. Scoping reviews are also reliable for identifying gaps in literature and linking concepts, which are particularly valuable in fields characterized by rapid transformations or where there are still contested conceptualizations (Pham et al., 2014). This methodology allows researchers to summarize a wide scenario of existing literature without limitations of the narrow research questioning of systematic reviews (Peters et al., 2015).

Protocol design

This scoping review will employ the methodological framework originally developed by Arksey and O'Malley (2005) and subsequently refined by Levac et al. (2010) and the Joanna Briggs Institute (Peters et al., 2020). This framework was selected for some methodological reasons. First, unlike systematic reviews that typically address very specific and defined questions, scoping reviews are particularly suitable for analyzing

wide research areas and identifying present and future knowledge gaps (Munn et al., 2018). This condition fits perfectly with the objective of this study, which is to broadly examine the relationship between geopolitical topics in the university curriculum and the promotion of global citizenship in higher education contexts.

The Arksey and O'Malley scoping review model provides a very structured but flexible approach through a five-stage general process: (1) identifying the research question; (2) identifying a set of relevant studies; (3) study selection; (4) charting the data; and (5) summarizing and reporting results. There were also included some complementary refinements added by Peters et al., (2020) which aim to strengthen the methodological rigor by providing specific guidance on search strategy development, study selection criteria, and data extraction procedures.

The reporting of the review will be held into the PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews) guidelines (Tricco et al., 2018). PRISMA-ScR was selected because it represents the current preferred standard for reporting of scoping reviews. This alignment to the PRISMA-ScR will enhance the reproducibility and methodological transparency of this review, addressing previous criticisms of scoping reviews as lacking sufficient methodological rigor (Pham et al., 2014).

Eligibility criteria

Studies were identified based on inclusion and exclusion criteria to guarantee their relevance to the designed research question. Inclusion criteria encompass studies focused on undergraduate or graduate education that examine the integration of geopolitical topics in higher education curricula with some scope or orientation towards global citizenship. The review will include empirical studies, case studies, curriculum analyses, and reviews published in English, between the year 2010 and 2025. Publications must have been peer-reviewed and open access.

Studies will be excluded if they focus exclusively on elementary education, mention geopolitics or global citizenship only tangentially, or consist of opinion papers or editorials without substantial empirical or theoretical grounding. Additional exclusion criteria include studies focused solely on international education, projects such as international student mobility or language learning, those without curricular considerations, publications in other languages, or studies published before 2010.

Sources and search strategy

The search for literature will be covered by three academic databases: ERIC (Education Resources Information Center), Web of Science and Scopus. These platforms were

selected for being globally recognized, including much of the cutting-edge educational studies available, and especially for its production in English.

The search strategy has been designed with a combination of key terms organized around three concepts: geopolitics, international curriculum and global citizenship. For geopolitics, search terms included "geopolitics" "international relations" "global politics" and "international politics." The international curriculum concept used terms such as "internationalization of higher education" "internationalization of the curriculum" and "global curriculum". The global citizenship concept incorporated terms like "global citizen" "global competence" "intercultural competence", "global awareness" and "global mindedness".

The selected "concepts or words" were combined using Boolean connectors (AND, OR) to create search strings suitable for each database's specific requirements. Initial research has been piloted and refined to ensure effective results of literature. A reference list of the main articles was hand-researched to double-check availability, compliance with the inclusion and exclusion criteria and to search for references included in those documents that might cover the requirements.

Selection of sources of evidence

The selection process followed a two-stage approach. First, titles and abstracts of the primary list were screened by the researcher against the inclusion criteria. Conflicts were resolved through consultation with a second reviewer. Second, full texts of the studies that fulfilled with the criteria were assessed to effectively match the academic conditions and needs. Reasons for exclusion at the full-text stage were documented in a separate document. The selection process was organized in an Excel file using filters and will be documented using a PRISMA flow diagram as illustrated in Figure 1.

Data charting process

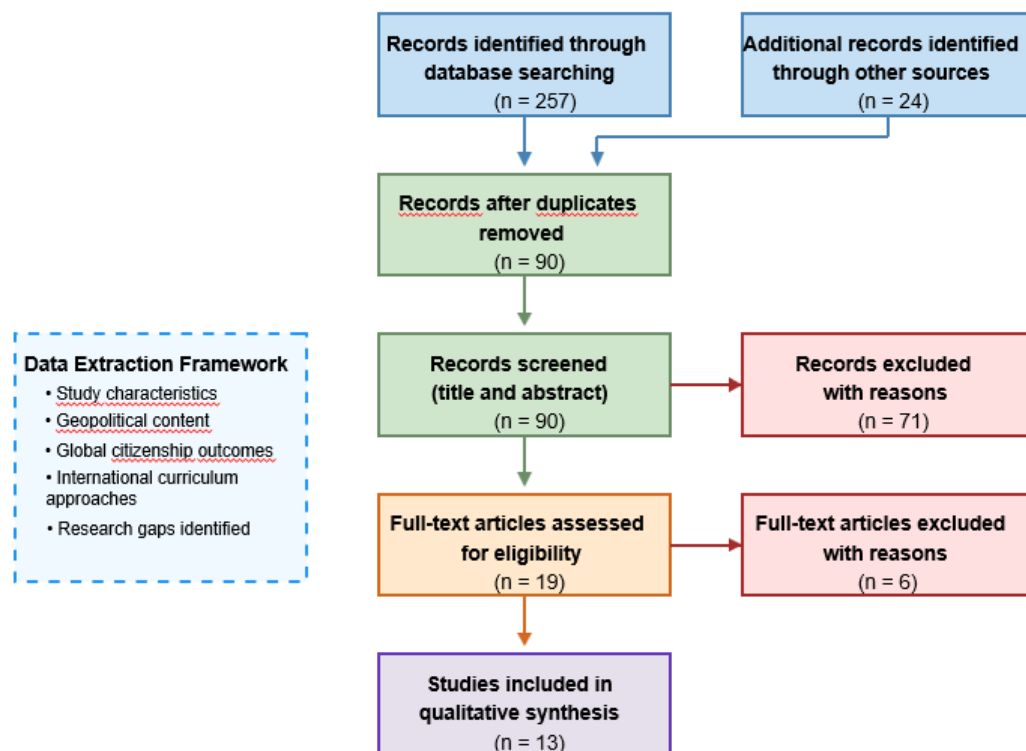
A standardized data extraction form will be developed and pilot-tested on a sample of included studies before full implementation. The data charting form will capture study characteristics (author(s), publication year, country of study, study design, methodology, sample size, participant characteristics, institutional context), curricular features (types of geopolitical topics included, mode of integration, disciplinary context), outcomes (reported global citizenship aims, skills, and/or attitudes), and pedagogical approaches (teaching methods, technologies or resources employed, theoretical frameworks, etc.)

Data analysis and synthesis

The extracted data will be analyzed using a narrative synthesis approach with thematic analysis to identify patterns, trends, and gaps in literature. This will involve an iterative

process of coding and categorizing the data with the support of the ATLAS.ti software, which identified repeated themes, common concepts, common use of key words and language and potential relationships between geopolitical education and global citizenship outcomes. The analysis will particularly focus on identifying effective pedagogical approaches, challenges in implementation, and areas where further research is needed.

Figure 1. PRISMA-ScR Flow Diagram based on the Scoping Review methodology



Results

In this section, the reader will find a summary of the selected studies and a high-level analysis of each one of them. A systematic mapping of the studies is presented in Table 1. In terms of topics, the most common ones identified in the reviewed studies are global citizenship education followed by geopolitics, internationalization of curriculum, and decolonization. Some of the less frequent topics include digital storytelling, sustainability awareness, multicultural education, entrepreneurialism, and COVID-19 implications. About the context-region mapping, the studies belong to diverse geographical areas, such as the United States, United Kingdom, India, Turkey, Canada, Finland, Australia, South Africa, Sweden, and the Netherlands.

In terms of theoretical frameworks, the most frequent approaches described across the reviewed studies are critical pedagogy and decolonial theory. The less frequently noted frameworks include assemblage theory, cosmopolitanism, Freirean critical consciousness, and feminist analysis. As can be seen in Table 1, the 13 reviewed studies had their particular focus, context-region, and theoretical underpinnings. In the following pages a detailed analysis of these studies will be provided, examining how they interconnect among the global citizenship education, the geopolitical perspectives in education and the internationalization of the curriculum process.

Table 1. Overview of the main features of the studies

	Title	Author, year	Keywords	Topic	Context-region
1	Digital Storytelling as a Tool for Global Citizenship and Sustainability: Enhancing Cross-cultural Understanding in Education	Swarnika Modi; Tanu Gupta; Mohammad Rahmatullah (2024)	Digital storytelling, educational technology, global citizenship, education, sustainability awareness.	Global Citizenship	India, Bangladesh
2	Disciplinary Boundaries and Methodological Issues of Teaching Geopolitics in Turkey	Cem Savaş (2024)	Geopolitics, Political Science and International Relations (IR) Curricula, Teaching, Methodology, Turkey.	Geopolitics	Turkey
3	Global competition, coloniality, and the geopolitics of knowledge in higher education	Riyad A. Shahjahan; Clara Morgan (2016)	Coloniality; global competition; higher education; teaching and learning; OECD; quality assurance	Geopolitics and Global Citizenship	United States of America and United Arab Emirates
4	Conflations, possibilities, and foreclosures: Global citizenship education in a multicultural context	Karen Pashby (2015)	Citizenship education; multicultural/diversity education; critical theory; socio-political conditions; global education; global citizenship	Global citizenship	Canada
5	International organizations (IOs), epistemic tools of influence, and the colonial geopolitics of knowledge production in higher education policy.	Riyad A. Shahjahan (2016)	OECD; World Bank; coloniality; epistemic activities; decoloniality	International curriculum and Geopolitics	United States of America
6	Reterritorializing the global knowledge economy: An analysis of geopolitical assemblages of higher education.	Sami Moisio; Anni Kangas (2016)	Entrepreneurialism, geopolitics, global engineer, higher education, knowledge-based economy, trans nationalization.	Geopolitics	Finland
7	Global citizenship education: mainstreaming the curriculum?	Tasneem Ibrahim (2010)	Curriculum; global issues, global citizenship; national curriculum.	Global citizenship and international curriculum.	United Kingdom
8	The new geo-politics of higher education	Simon Marginson (2018)	Higher education, geopolitics, global cooperation; national competition; social inequality.	Geopolitics and international curriculum	United Kingdom
9	Global citizenship education at the crossroads: Globalization, global commons, common good, and critical consciousness	Carlos Alberto Torres; Emiliano Bosio (2020)	Globalization; Global citizenship education; Teaching and learning; multiculturalism; Paulo Freire; Critical consciousness.	Global citizenship	United States of America and United Kingdom
10	Preparing teachers for critical global and democratic practice: shifting inquiries into the teaching of democracy and global citizenship in teacher education.	Bryan Smith; Jia Ying Neoh; Ailie McDowall; Eun-Ji Amy Kim (2024)	Global citizenship; Teacher education; Teaching practice	Global citizenship	Australia
11	Curriculum Decolonization and Internationalization: A Critical Perspective from South Africa	Savo Heleta; Samia Chasi (2024)	Internationalization, decolonization, curriculum, higher education, Global North, Global South, South Africa	International curriculum and Global Citizenship	South Africa
12	The geopolitics of international higher education prior and during Covid-19: a decolonial feminist analysis	Maria Vlachou; Madina Tlostanova (2023)	Academic migrants; coloniality of time; geopolitics; international higher education; Covid-19; decolonising HE.	Geopolitics	Sweden
13	The Moral and the Political in Global Citizenship: Appreciating Differences in Education	Wiel Veugelaers (2016)	Cosmopolitanism; global citizenship, social-political global citizenship; political affairs.	Geopolitics and global citizenship	Netherlands

Specific analysis by study

Modi et al, (2024) make contributions to understanding how digital storytelling can promote global citizenship and sustainability awareness in universities. The authors explore this pedagogical tool to see if it enhances cross-cultural understanding and engages students with sustainability challenges, this is, building competencies to understand complex global challenges. Their discussion goes further with the traditional

educational paradigms by assessing learning experiences that build key competencies for global citizenship, including empathy, intercultural awareness, and environmental responsibility.

Savaş (2024), examines how colleges and universities balance three key challenges: creating global-minded courses, including political tensions between countries as a topic, and preparing students to be world citizens. The study provides empirical evidence about special programs and approaches that help students develop global competencies and parallelly addressing complex global political issues. The author includes diverse examples and studies about different institutions having successfully built pedagogical initiatives (teaching mainly) adapting to their different national and international political contexts.

Shahjahan & Morgan (2016) present a discussion about how the internationalization of the curriculum process is intimately related to fostering global citizenship, stressing that in fact global citizenship education is based on geopolitical complexities. The paper shows empirical evidence through case studies from universities that evidence curricular strategies to build intercultural competence, critical thinking related to global issues, and ethical engagement among higher education students. The document also examines how changes in geopolitics can reshape the universities' policies across internationalization and curriculum plans.

Pashby (2015) gives a critical discourse analysis of the intersection between multicultural education and the global citizenship education, which leads to discover ambiguities around this relationship. The author highlights that despite multiculturalism aims to foster cultural diversity and understanding, which are embedded elements of global citizenship, multicultural programs and projects usually tend to embrace neoliberal approaches based on economic utilities, constraining critical thinking, social responsibility and the impact on understanding global issues, such as intercultural awareness and geopolitical dynamics.

Shahjahan (2016) makes different considerations to the internationalization of the curriculum process with both empirical and theoretical approaches that link this topic with the global citizenship education theory. The author delivers a blended conceptual analysis and case studies focusing on the experiences of universities integrating international and geopolitical perspectives within their curricula, identifying pedagogical approaches, faculty experiences supporting this model and exploring some assessment mechanisms for students' learning experiences.

Moisio and Kangas (2016) use the assemblage theory to create an analysis of how higher education institutions are shaped by the global knowledge trends to transform universities into "sites of geopolitical assemblage" that respond to capitalist structures, "producing" subjects that are not really equipped with competencies inherent to the

global citizenship education model, but aligned with neoliberal agendas that aim for the corporatization of education. The analysis is built around approaches like the internationalization of the curriculum, global citizenship, and geopolitical implications, highlighting contested nature of these concepts in today's modern higher education context.

Ibrahim (2010) explores how global citizenship is integrated into the curriculum, especially when global challenges are included in teaching methodologies. His most relevant contribution is the empirical evidence on global citizenship education encompassing the concepts of interdependence, diversity, global issues and other related traits in many curricula. By assessing citizenship projects in textbooks, the author critiques that the concept of global citizenship should not be seen as a complementary topic, but it must be taken as a holistic approach, where NGO's and other institutions must cooperate to foster this type of education transversally.

Marginson (2018) focuses on the internationalization of higher education features with emphasis on its geopolitical implications to produce global citizenship. The main contribution is her analysis about the global exchange of knowledge, which involves academic mobility, intercultural approaches of teaching, foreign language proficiency or social tolerance training. The paper stresses that internationalization projects respond both to the cross-cultural needs of the curriculum and the political and market dynamics that shape higher education systems. This analysis highlights the importance of collaboration networks that can enhance individual and collective benefits to the national and international geopolitical context.

Torres and Bosio (2010) make an interesting contribution to the global citizenship education (GCE) approach by developing a comprehensive framework that integrates curriculum internationalization, global citizenship concepts, and geopolitical complexities. The analysis, grounded in Freire's critical pedagogy, argues that GCE must go beyond pragmatic approaches and reach a transformative model in which a critical consciousness could be built among university students. Their empirical contribution is the analysis of how students can develop critical awareness in the face of power hierarchies, advocating to a multicultural, geopolitical and collaborative vision of the world.

Smith et al., (2024) develop a framework for global citizenship education through the lens of the critical pedagogy theory, with special emphasis on geopolitical and democratic considerations, all of that in the frame of the internationalization of the curriculum process. One of the main contributions is to demonstrate how teacher education should promote critical consciousness considering historical narratives and contemporary geopolitical issues to facilitate significant civic engagement before and after graduation. The study summarizes that effective GCE needs an evaluation of the ideological

systems, advocating for a transformative approach for the internationalization of the curriculum process to ensure inclusivity and social justice.

Heleta and Chasi (2024) study the confrontations among the curriculum internationalization, decolonization and geopolitics in the frame of the post-apartheid scenario in South Africa. Their study focuses on the still current predominance of the Eurocentric higher education curricula in their country, marginalizing local education systems from the Global South. Through their critical discussion, the authors share empirical studies showing how the demand for ending this epistemological influence can allow them to evolve in models where geopolitics and curricula can create true connections. This study creates an interesting dialogue about global citizenship and the need for inclusive and coherent perspectives of the global south narratives.

Vlachou and Tlostanova (2023) offers a theoretical analysis employing a decolonial and feminist framework to examine the internationalization of higher education and its relationship with geopolitical power that influence academic migration. The core of this study is the critical examination of the institutional mechanisms used over international students and faculties during the COVID-19 pandemic, showing how institutions are shaped by geopolitical dynamics that are often materialized in the curricula, in the institutional plans and in the university legislation. The paper calls for a reconceptualization of the higher education frameworks to advocate for a new notion of global citizenship in which human rights, inclusion and inequalities become the basis of the international dimension of the curriculum and the university at large.

Veugelers (2016) research examines the relationship between the moral dimensions and global citizenship education within geopolitical contexts. The paper identifies three main global citizenship models: moral, open and socio-political, showing empirical evidence that educators in higher education tend to choose the moral approach, despite other orientations are also needed in several educational contexts. The study advocates creating a more comprehensive curriculum development initiative that includes the moral, geopolitical and social components, fostering education as a transformational process that can lead to a more democratic and global citizenship which can address world issues more accurately.

Global citizenship education (GCE) approaches found in the studies

Critical/Transformative Approaches: Several studies emphasize critical pedagogy and transformative learning as essential to authentic GCE. Torres and Bosio (2020) ground their analysis in Freirean critical pedagogy, arguing that GCE must transcend pragmatic approaches to build critical consciousness among students. Similarly, Smith et al. (2024) develop a framework based on critical pedagogy theory with emphasis on democratic considerations.

Moral and Political Dimensions: Veugelers (2016) identifies three distinct models of global citizenship: moral, open, and socio-political. The research suggests that educators tend to favor moral approaches, though comprehensive GCE requires integration of all three dimensions.

Neoliberal vs. Critical GCE: There's a clear tension between market-oriented and critical approaches. Pashby (2015) highlights how multicultural programs often embrace neoliberal approaches based on individual and economic utilities, which constrains critical thinking and social responsibility. Moisio and Kangas (2016) critique how universities become "sites of geopolitical assemblage" that produce subjects aligned with neoliberal agendas rather than equipped with true global citizenship competencies.

Curriculum internationalization and decolonization

Multiple studies examine how curriculum internationalization relates to GCE. Shahjahan & Morgan (2016) discuss how the internationalization process is intimately related to fostering global citizenship, while Shahjahan (2016) provides both empirical and theoretical approaches linking internationalization with GCE theory. Several studies adopt a decolonial lens to critique dominant educational paradigms. Heleta and Chasi (2024) study the confrontations among curriculum internationalization, decolonization, and geopolitics in post-apartheid South Africa, highlighting the persistent Eurocentric dominance in higher education curricula. Vlachou and Tlostanova (2023) employ a decolonial and feminist framework to examine internationalization and its relationship with geopolitical power dynamics.

Geopolitical dimensions of higher education

Shahjahan (2016) examines how international organizations function as "epistemic tools of influence" within the colonial geopolitics of knowledge production. Marginson (2018) studies how world-class universities participate in the global exchange of knowledge within specific geopolitical contexts.: Savaş (2024) examines how institutions balance creating global-minded courses while navigating political tensions between countries. The study provides empirical evidence about programs that help students develop global competencies while addressing complex global political issues.

Types of studies

Pashby (2015) employs critical discourse analysis to examine the intersection between multicultural education and GCE. Several researchers use case studies to provide empirical evidence. Shahjahan & Morgan (2016) present case studies from universities that demonstrate curricular strategies to build intercultural competence and critical thinking; Other studies develop conceptual frameworks, like Torres and Bosio (2020) who create a comprehensive framework integrating curriculum internationalization,

global citizenship concepts, and geopolitical complexities, meanwhile Ibrahim (2010) provides empirical evidence on how global citizenship is integrated into curricula by assessing citizenship projects in textbooks.

Discussion

A significant contrast appears across multiple studies when it comes to examining the different global citizenship education approaches that go from neoliberal to critical/transformative ones. Torres and Bosio (2020) base their analysis in critical pedagogy arguing that GCE must transcend pragmatic models and build more transformative systems, which is also echoed by Smith et al., who develop a GCE based on a similar critical theory that relies on democratic considerations. In the same direction, some other studies agree that universities often adopt market-oriented approaches to internationalize their curriculum, which is highlighted by Pashby (2015) when she shows how multicultural projects in universities embrace neoliberal schemes based on economic utilities and aligns with corporate interest rather than in social ones. More specifically, Mosio and Kangas (2016) go deeper and assure that universities tend to become geopolitical assemblage sites that produce graduates with determined competencies that are not necessarily associated with the essence of global citizenship education.

These critical positions detonate a broader debate about the purpose of the international curriculum in the higher education context. As Shajahan (2016) demonstrates, international education-related institutions often seem to function as “epistemic tools of influence” to endure the colonial geopolitical model of the “North”, reinforcing capitalist, market-oriented educational models.

Another interesting reflection involves the need to decolonize the internationalization of the curriculum process in universities. Heleta and Chasi (2024) discuss the confrontations among curriculum internationalization, decolonization and geopolitical influence after the Apartheid process in their country, highlighting the persistent Eurocentric dominance in the curricula. Similarly, Vlachou and Tlostanova (2023) use a decolonial and feminist theoretical framework to make critical assumptions about the relationship between internationalization of the curriculum and global power dynamics. In the same ground, Shahjahan and Morgan (2016) further contribute to this discussion by demonstrating how internationalization shapes global citizenship through its embedded geopolitical complexities. This perfectly matches the postulates that Belhoste and Dimitrova (2023), Nanthawong, (2024) and Rapoport (2010) had on the importance of assessing the geopolitical landscape when trying to effectively implement GCE into the university curriculum.

The present review also presents some conceptual distinctions. Veugelers (2016) differentiate three types of GCE, being the moral dimension the most preferred

by educators, as Modi et al. (2024) and Ibrahim (2010) also demonstrate that the implementation of the GCE should be an eclectic approach including all perspectives and not just narrow it to a “common” orientation.

Overall, the studies include profuse mentions and relevant arguments of how significant geopolitical issues (political tensions, historical narratives, global issues) are when creating or redesigning pedagogical approaches that are grounded in the curriculum, or more specifically, when internationalizing the curriculum. It is also worth mentioning the variety of traits that are related to the global citizenship education model, but many if not all, agreed on the fact that these “capacities” or competencies have a special orientation towards a social, critical and intercultural vision to comprehend the global landscape.

The evidence presented herein indicates that meaningful global citizenship education, when viewed through a geopolitical lens, necessarily requires a delicate equilibrium between fostering critical consciousness of power asymmetries and developing pragmatic competencies for intercultural interaction. Simultaneously, such education must confront significant organizational barriers concerning decolonial praxis and institutional inertia. This multifaceted framework provides a compelling direction for universities and colleges attempting to develop internationalization of curriculum models that truly and substantially build global citizens with diverse epistemic and heuristic views.

Conclusion

This scoping review has explored the theoretical and empirical relation of geopolitical topics into higher education international curricula and the global citizenship education (GCE). The analysis reveals key findings that have significant implications for theory, practice, and future research in international higher education.

First, the review demonstrates that geopolitical dimensions build an essential foundation for significant global citizenship development. Despite this argument, this relationship is frequently darkened by competing educational paradigms, particularly the confrontation between critical/transformational and capitalist/neoliberal frameworks. As universities are working continuously in rather complex international contexts, they must critically reexamine whether the internationalization of the curriculum efforts is growing aligned with the global citizenship competence ideals, and not just following the market-based trends.

Second, an effective global citizenship education requires some decolonizing efforts in the form of curriculum or internationalization plan. The dominance of hegemonic North-based perspectives could undermine the development of genuine and contextualized educational models, in which universities must defend their epistemological vision in

order to transcend colonial powers deeply embedded at both national and international systems.

Third, these findings have significant implications for educational practice. Universities should develop curricula that explicitly connect geopolitical understanding with global citizenship competencies, employing critical pedagogies that encourage students to examine power relations in international contexts. Faculty development programs should prepare educators to facilitate difficult conversations about global inequalities and geopolitical tensions.

Additionally, assessment mechanisms should evaluate not only students' knowledge of global issues but also their capacity for critical engagement with complex geopolitical realities. Several limitations of this review should be acknowledged. The focus on English-language publications may have excluded valuable perspectives from non-Anglophone contexts. Additionally, the rapidly evolving nature of geopolitical relations means that some findings may require reexamination considering current events.

Future research should explore several promising directions. Longitudinal studies examining how students' geopolitical awareness develops throughout their university education would provide valuable insights into effective pedagogical approaches. Comparative studies across different national contexts could illuminate how varying geopolitical positions influence global citizenship education. Research examining the experiences of marginalized groups within internationalization processes would address critical gaps in current understanding.

References

- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32.
- Aydin, H., Ogurlu, U., Andrew, K., Masalimova, A. R., Dorozhkin, E. M., & Malygin, A. A. (2019). High school students' Perceptions of Global Citizenship in Central Public High Schools: Implications for Teacher Educators. *Revista de Cercetare si Interventie Sociala*, 65.
- Belhoste, N., & Dimitrova, A. (2023). Developing critical geopolitical awareness in management education. *Management Learning*, 55(4), 617-640.
- Etherington, S. J. (2014). But science is international! Finding time and space to encourage intercultural learning in a content-driven physiology unit. *Advances in Physiology Education*, 38(2), 145-154.
- Fidler, S., Clarke, L., & Wang, R. (2022). The impact of political factors on international student mobility. *British Educational Research Journal*, 49(2), 352-369.
- Heleta, S., & Chasi, S. (2024). Curriculum decolonization and internationalization: A critical perspective from South Africa. *Journal of International Students*, 14(2), 75-90.
- Ibrahim, T. (2005). Global citizenship education: Mainstreaming the curriculum? *Cambridge Journal of Education*, 35(2), 177-194.
- Kennedy, K. (2012). Global trends in civic and citizenship education: What are the lessons for nation states? *Education Sciences*, 2(3), 121-135.
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science*, 5(1), 69.
- Marginson, S. (2018). The new geo-politics of higher education.
- Modi, S., Gupta, T., & Rahmatullah, M. (2024). Digital storytelling as a tool for global citizenship and sustainability: Enhancing cross-cultural understanding in education. *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*, 13(S1).
- Moisio, S., & Kangas, A. (2016). Reterritorializing the global knowledge economy: An analysis of geopolitical assemblages of higher education. *Global Networks*, 16(3), 268-287.
- Mok, K., Xiong, W., Ke, G., & Cheung, J. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on international higher education and student mobility: Student perspectives from mainland China and Hong Kong. *International Journal of Educational Research*, 105, 101718.
- Munn, Z., Peters, M. D. J., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 143.
- Myers, J. (2016). Charting a democratic course for global citizenship education: Research directions and current challenges. *Education Policy Analysis Archives*, 24, 55.
- Myers, J. P., & Rivero, K. (2020). Challenging preservice teachers' understandings of

- globalization: Critical knowledge for global citizenship education. *The Journal of Social Studies Research*, 44(4), 383-396.
- Nanthawong, N. (2024). A comparative analysis of social studies curricula for enhancing global citizenship: A case study of New York State, the United States, and Thailand. *Higher Education Studies*, 14(3), 13.
- Nguyen, N. (2020). On geopolitics and education: Interventions, possibilities, and future directions. *Geography Compass*, 14(9).
- Noh, J. (2018). The legitimacy of development nongovernmental organizations as global citizenship education providers in Korea. *Education Citizenship and Social Justice*, 14(3), 241-259.
- Pashby, K. (2015). Conflations, possibilities, and foreclosures: Global citizenship education in a multicultural context. *Curriculum Inquiry*, 45(4), 345-366.
- Peters, M., Godfrey, C., Khalil, H., McInerney, P., Parker, D., & Soares, C. (2015). Guidance for conducting systematic scoping reviews. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 13(3), 141-146.
- Peters, M. D., Godfrey, C., McInerney, P., Munn, Z., Tricco, A. C., & Khalil, H. (2020). Scoping reviews. *JB I manual for evidence synthesis*, 10, 10-46658.
- Pevneva, I., Edmunds, P., & Смирнова, А. (2019). Global competence in higher mining engineering education. *E3S Web of Conferences*, 105, 04017.
- Pham, M. T., Rajić, A., Greig, J. D., Sargeant, J. M., Papadopoulos, A., & McEwen, S. A. (2014). A scoping review of scoping reviews: Advancing the approach and enhancing the consistency. *Research Synthesis Methods*, 5(4), 371-385.
- Rapoport, A. (2010). We cannot teach what we don't know: Indiana teachers talk about global citizenship education. *Education Citizenship and Social Justice*, 5(3), 179-190.
- Reynolds, R., Macqueen, S., & Ferguson-Patrick, K. (2019). Educating for global citizenship: Australia as a case study. *International Journal of Development Education and Global Learning*, 11(1).
- Reysen, S., Larey, L., & Katzarska-Miller, I. (2012). College course curriculum and global citizenship. *International Journal of Development Education and Global Learning*, 4(3).
- Savaş, C. (2024). Disciplinary Boundaries and Methodological Issues of Teaching Geopolitics in Turkey. *All Azimuth: A Journal of Foreign Policy and Peace*, 13(1), 1-17.
- Shahjahan, R. A. (2016). International organizations (IOs), epistemic tools of influence, and the colonial geopolitics of knowledge production in higher education policy. *Journal of education policy*, 31(6), 694-710.
- Shahjahan, R. A., & Morgan, C. (2016). Global competition, coloniality, and the geopolitics of knowledge in higher education. *British Journal of Sociology of Education*, 37(1), 92-109.
- Smith, B., Neoh, J. Y., McDowall, A., & Kim, E. J. A. (2024). Preparing teachers for critical global and democratic practice: shifting inquiries into the teaching

- of democracy and global citizenship in teacher education. *Curriculum Perspectives*, 1-12.
- Torres, C. A., & Bosio, E. (2020). Global citizenship education at the crossroads: Globalization, global commons, common good, and critical consciousness. *Prospects*, 48(3), 99-113.
- Trần, L., Nguyen, D., Blackmore, J., He, B., & Vu, H. (2023). COVID-19, geopolitics and risk management: Towards framing a reciprocal, coordinated, responsive and empathetic international education sector. *Policy Futures in Education*, 21(4), 423-444.
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... & Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473.
- Veugelaers, W. (2016). The moral and the political in global citizenship: Appreciating differences in education. In *The Political Economy of Global Citizenship Education* (pp. 163-175). Routledge.
- Vlachou, M., & Tlostanova, M. (2023). The geopolitics of international higher education prior and during Covid-19: A decolonial feminist analysis. *Globalisation, Societies and Education*, 21(2), 204-221.
- De Wit, H. (2024). Internationalization in and of higher education: critical reflections on its conceptual evolution. In *Internationalization in Higher Education and Research: Perspectives, Obstacles, Alternatives* (pp. 17-31). Cham: Springer International Publishing.
- Xie, W. (2023). Unwitting agents: Representations of Chinese international students in US-China geopolitics. *East Asia*, 40(4), 391-409.
- Yusof, H., Noor, M., Mansor, M., & Yunus, J. (2019). Knowledge, skills, and attitudes of Malaysian student on global citizenship education. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 38(3), 426-437.

Integration of global competencies in curriculum design guidelines in higher education institutions in México: an exploratory study

Integración de competencias globales en los lineamientos de diseño curricular de instituciones de educación superior en México: un estudio exploratorio

Mónica Rubiette Hákim Krayem¹

Resumen: La educación superior enfrenta el reto de formar profesionales capaces de impulsar la innovación en un mundo globalizado. En México, las políticas educativas enfatizan la importancia de integrar competencias globales en los currículos académicos para dotar a los estudiantes de una visión integral y la capacidad de abordar retos complejos. Este estudio exploratorio, con un enfoque cualitativo, examina la incorporación de estas competencias en los marcos regulatorios del diseño curricular en las universidades públicas mexicanas. Los hallazgos revelan avances en la planeación curricular, a la vez que identifican áreas de mejora para fomentar el desarrollo de la ciudadanía global. Si bien los resultados indican ciertas tendencias, no permiten una generalización amplia. Estas perspectivas subrayan la necesidad de mayor investigación para evaluar el grado de implementación y apropiación de estas competencias en los procesos de aprendizaje, así como su impacto en la práctica educativa. Dicho análisis contribuiría a la toma de decisiones informada, garantizando el cumplimiento de la responsabilidad social de las universidades.

Palabras clave: políticas de educación superior, diseño curricular, competencias globales.

Abstract: Higher education faces the challenge of preparing professionals capable of driving innovation in a globalized world. In Mexico, educational policies emphasize the imperative of integrating global competencies into academic curricula to equip students with a comprehensive vision and the ability to address complex challenges. This exploratory study, employing a qualitative approach, examines the incorporation of these competencies within the regulatory frameworks of curricular design in Mexican public universities. The findings reveal progress in curricular planning while also identifying areas for improvement in fostering the development of global citizenship. Although the results indicate certain trends, they do not allow for broad generalization. These insights underscore the need for further research to assess the extent of implementation and appropriation of these competencies in learning processes, as well as their impact on

¹ Académica de tiempo completo, adscrita al Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana. <https://orcid.org/0000-0003-0841-397X>

educational practice. Such analysis would contribute to informed decision-making, ensuring the fulfillment of universities' social responsibility.

Keywords: higher education policies, curriculum design, global competencies.

Introduction

The cost of ignorance about other cultures is high; it is essential to invest in activities that foster learning, promote global competence, and encourage global citizenship.
(OECD, 2018).

Higher Education (HE) is regarded as a strategic tool for national development and well-being, particularly in the so-called knowledge society, where it is essential to have a highly qualified workforce and an informed, creative, and critical citizenry. This underscores the importance of advancing toward a more equitable society with greater opportunities for progress and prosperity.

For this reason, the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) states that the primary objective of HE should be to ensure that graduates acquire the necessary competencies to succeed in the labor market (2019). Similarly, the National Association of Universities and Higher Education Institutions (ANUIES) acknowledges education as a social good, whose impact on the holistic development of individuals and the progress and well-being of nations is unquestionable (2012).

Given the above, it is essential to ensure the social function and responsibility of Higher Education Institutions (HEIs) to fulfill this role. This requires adapting their educational models, policies, and guidelines to address national and global challenges, such as the Sustainable Development Goals (SDGs), which include food security, climate change, water management, intercultural dialogue, renewable energy, public health, and quality education for sustainability (Agenda 2030, 2015), among others, to shape global citizens committed to sustainable development, as required by the globalized world. These individuals serve as agents of a renewed human and social drive, enabling them to navigate connected and interconnected environments with relevance, equity, effectiveness, and efficiency, while remaining accountable to the society to which they belong (UNESCO, 2009).

As a result, the development and implementation of curricular designs become increasingly relevant, as they serve as key mechanisms for enhancing students' capacities and solid competencies. By linking learners to both the present and future world through diverse perspectives and approaches aimed at the common good, curricular design and its implementation in educational programs are considered

fundamental contributors to "the holistic education of future citizens with ethical principles, committed to peacebuilding, the defense of human rights, and the values of democracy" (UNESCO, 2009, p. 2).

Within this context, the objective of this chapter is to analyze the inclusion of global competencies in the official declarative frameworks for curricular design—guidelines or directives—of selected Higher Education Institutions (HEIs). Specifically, it examines whether HEIs are meeting the challenge of refining their processes to ensure quality, fostering more integrated and scientific knowledge that aligns with emerging professional landscapes, new professional profiles, and evolving competencies (González, 2016).

In addition to this introduction, the chapter is structured into the following sections: first, it presents a general overview of higher education policies and the agreements that establish guidelines for HEIs. Second, it highlights the importance of developing global competencies to prepare graduates and citizens capable of navigating an interconnected world. Third, it describes the methodology employed, the analytical dimensions, and the selected public universities. Finally, the research findings are presented, followed by the conclusions and the references consulted.

Higher Education Policies

In an increasingly interconnected world, it is essential to examine the global challenges of Higher Education (HE) and learn from both successful and failed international experiences to develop educational policies with diverse and contemporary perspectives (Marmolejo, in Cabrero et al., 2024). Therefore, the policies guiding curricular design in Mexico hold significant relevance today by strategically incorporating an intercultural perspective to strengthen cultural diversity, equity, and inclusion.

This approach arises from international commitments and the pressing need to provide high-quality education that prepares professionals to engage effectively in globalized and multicultural contexts. Upon graduating from universities, students should be equipped to meet current and emerging demands, both in theoretical and technological or technical aspects, as well as across multiple competencies and dimensions that contribute to the organizational and labor framework. This, in turn, fosters professional coexistence in workplace environments while enhancing overall productivity (Cruel et al., 2024).

To highlight some of the provisions from which current policies emerge, the Sectoral Education Program (PSE) 2020–2024, as outlined in the Official Gazette of the Secretariat of Public Education (SEP, 2020), establishes the priorities, provisions, and forecasts that fall within the purview of the education sector. The SEP, as the responsible governmental body, oversees the publication, implementation, and monitoring of the PSE. For the purposes of this analysis, it is particularly relevant to highlight Priority

Objective 1, which states: "Ensure the right of the population in Mexico to an equitable, inclusive, intercultural, and comprehensive education, with the best interests of children, adolescents, and young people as its central focus" (p. 194).

In this same context, the General Law of Higher Education (2021) establishes the necessity for universities to promote an intercultural education that ensures respect for diversity and fosters dialogue between cultures (Gobierno de México, 2021). Similarly, the Secretariat of Public Education (SEP) states that the Educational Model must be mandatory. Although it primarily focuses on basic education, it also influences higher education by promoting the formation of citizens with cultural identity and intercultural skills necessary for coexistence in a globalized world (SEP, 2017).

The National Association of Universities and Higher Education Institutions (ANUIES), in turn, proposed curricular internationalization and the inclusion of intercultural perspectives in study programs as part of the continuous improvement of higher education, setting this as a vision and course of action toward 2030 (ANUIES, 2019). Additionally, following the establishment of Intercultural Universities, the government promoted the creation of these institutions in 2023 to ensure the integration of Indigenous knowledge and intercultural methodologies into their curricula. This initiative aims to foster respect for diversity and strengthen cultural identity (SEP, 2018).

In addition to the aforementioned initiatives, further foundations have been established, such as the recent agreement signed by the Secretariat of Public Education (SEP), the Secretariat of Science, Humanities, Technology, and Innovation (SECIHTI), the National Association of Universities and Higher Education Institutions (ANUIES), and the Business Coordinating Council (CCE). This agreement aims to strengthen professional training, technological knowledge, and innovation to address social and productive sector needs. By doing so, it strategically aligns with the objectives and goals of the National Development Plan 2025–2030 and contributes to addressing the challenges of a globalized world (SEP, 2025).

These policies must also align with the 2030 Agenda through the 17 Sustainable Development Goals (SDGs)—also known as Global Goals—which were adopted by the United Nations in 2015 as a universal call to end poverty, protect the planet, and ensure peace and prosperity for all by 2030. Particularly noteworthy is Goal 4: Quality Education, which emphasizes the responsibility of educational institutions to ensure the formation of citizens who appreciate cultural diversity and recognize the role of culture in sustainable development.

Within this general framework and given the current guidelines and policies in Higher Education Institutions (HEIs) to address various contemporary challenges—such as educational lag, the disconnect between research and scientific-technological innovation, lack of infrastructure, and the slow adaptation to global educational

changes (Cabrero et al., 2024)—this study highlights the need to integrate a global and intercultural approach into their core functions and curricula. The objective is to develop new student profiles characterized by critical and innovative thinking for problem-solving in global contexts, respect for diversity, ethical responsibility, and social commitment, enabling them to contribute to the global society and anticipate future challenges (ANUIES, 2024).

Curricular design and global competencies in higher education

*With social and ethical responsibility,
the citizens of the future will be able to make informed decisions
to address the great challenges of our time.
(Fadel et al., 2016)*

Curricular design in Higher Education Institutions (HEIs) plays a key role in shaping competent, critical, and well-prepared professionals. Its planning, structure, and implementation are expected to foster the development and acquisition of essential knowledge, skills, and values for students' personal and professional growth. The educational intent is to ensure that knowledge becomes more integrated, scientific, and aligned with new professional practice scenarios, evolving profiles, and emerging competencies. These elements must be in line with quality standards and relevant to the current context, positioning curricular design within a socio-moral dimension rooted in social responsibility.

Curriculum design is a reflective and strategic process grounded in the educational philosophy embraced by higher education institutions. It must be based on a reintegration of the pedagogical dimension, which has been, to some extent, absent in previous curricular initiatives. According to Díaz Barriga, it is essential to establish a connection between school, community, and territory, aligning them with the social context in order to educate learners within a framework of critical interculturality and a gender perspective. This approach responds to both immediate and broader societal challenges, with the aim of fostering democratic citizenship (Díaz-Barriga et al., 2023, p. 8). These curriculum designs incorporate competencies—namely, knowledge, skill development, and the construction of values—which must be coherent, relevant, and effective in relation to the social and economic development of the surrounding environment (UNESCO, 2017).

In Mexico, the criteria for curriculum design have evolved due to recent reforms, the rapid advancement of science and technology, and the theoretical frameworks, approaches, and trends that shape contemporary education. These are grounded in a constructivist paradigm with a sociocultural and humanistic perspective, emphasizing the competencies that students must develop:

- "Knowing and knowing how to do"

- "Theory and practice"
- "Knowledge and action"
- "Reflection and action"

In other words, the goal is to ensure that students acquire procedural, cognitive, and attitudinal competencies that enable them to adapt to the demands of an ever-changing society (Rico-Gómez & Ponce-Gea, 2022).

Therefore, it is through educational models, official guidelines, frameworks, and roadmaps established by Higher Education Institutions (HEIs) that formal university education is guided with quality and relevance. These frameworks foster the development of meaningful learning essential for cooperation, coexistence, and active participation. In the context of this study, they also facilitate the integration of global perspectives by enhancing intercultural skills, critical thinking, digital literacy, and a heightened social and environmental awareness (ANUIES, 2019).

In its report *The Future of Education and Skills 2030*, the OECD emphasizes that universities must adapt their curricula to foster skills such as critical thinking, intercultural communication, collaborative work, digital literacy, and problem-solving in diverse contexts. These global competencies are essential for employability and active participation in increasingly diverse and technologically advanced societies (OECD, 2018). Moreover, they can help reduce inequalities and contribute to more equitable and sustainable societies (OECD, 2005; 2021). This implies that future professionals must meet both national and international standards, relying on key competencies that enable them to adapt to a world defined by change, complexity, and interdependence. Within this vision, the perspective and promotion of global competencies in academic curricula can be implemented through various strategies. Among the main institutional actions are:

- The incorporation of intercultural subjects and content, such as cultural diversity, Indigenous rights, and intercultural dialogue (Bertely, 2011).
- The promotion of educational experiences that illustrate diverse cultural contexts to foster intercultural learning (Government of Mexico, 2021).
- The use of active and participatory methodologies, such as project-based learning and research for problem-solving, as well as bilingual education that includes Indigenous languages to encourage learning from multiple worldviews (Walsh, 2010).
- The adaptation and flexibilization of curricula, incorporating interdisciplinary approaches that facilitate students' adaptation to a changing world by strengthening critical thinking, problem-solving, and effective communication, among other skills (UNESCO, 2021).
- The internationalization of curricula, which broadens students' perspectives and prepares them for engagement in globalized professional and academic environments. Institutional efforts also include the promotion of accessible, inclusive, and equitable academic programs that provide high-quality opportunities to address student diversity

and reduce inequality and discrimination in higher education (UNESCO, 2019). Additionally, the mainstreaming and internationalization of intercultural competencies—such as interculturality, sustainability, and active citizenship—equip students to face the challenges of the 21st century and contribute to sustainable development. These competencies also permeate the fabric of human relations within inclusive and diverse work environments (OECD, 2018; García, 2017). As a result, graduates enhance their employability, as employers increasingly seek professionals who can operate effectively in global contexts and use digital tools for remote collaboration (Knight, 2012).

Methodology

With the purpose of analyzing the promotion and integration of global competencies in the declarative frameworks of curriculum design within Higher Education Institutions (HEIs), an exploratory study with a qualitative approach was conducted. This analysis takes into account not only higher education policies in Mexico but also the recommendations of national and international organizations, such as ANUIES, UNESCO, and the OECD. The methodology was based on a review of institutional and official documents related to curriculum design, which were retrieved from the official websites of the selected universities as of the current year (2025). The aim was to gain a deep understanding of the subject from an interpretive paradigm. For this purpose, various Mexican universities were intentionally selected.

It is important to mention that in Mexico, there are more than 900 public universities, including autonomous institutions, technological universities, polytechnic universities, intercultural universities, and pedagogical institutions. Given the impossibility of studying all universities and considering that this is not a statistical study, the selection focused on the universities ranked in the top 10 of the International Colleges & Universities Ranking, also known as 4ICU.org (2024). These institutions were chosen due to the availability of updated and accessible data on the web, their public nature, their similarity in student enrollment numbers, and the analogy of their current educational model, ensuring the reliability of the collected information.

This study excludes private universities such as the Tecnológico de Monterrey, Universidad de las Américas, El Colegio de México, and Universidad Iberoamericana. Additionally, the Instituto Politécnico Nacional was excluded due to its purely technological focus, and the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) was not considered due to its large student enrollment, international representativeness, extensive academic offerings, and unique autonomy and funding system, which differ from the universities selected for this analysis. Therefore, the Higher Education Institutions (HEIs) included in this study are: Universidad de Guadalajara (UDG, 2022; 2024), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL, 2020), Universidad Veracruzana (UV, 2005; s/f), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP, 2007; 2016), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM, 2021), Universidad Autónoma del Estado

de Hidalgo (UAEH, 2015), Universidad de Guanajuato (UG, 2011; 2024), Universidad Autónoma de Baja California (UABC, 2011; 2014), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY, s/f), and Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH, 2010).

Likewise, transversal dimensions were defined for the documentary analysis, which are key for employers and student development, as they promote meaningful learning and its application in novel and intercultural contexts.

Dimensions	Attributes developed
Critical thinking for solving local, national, and international problems. (PC)	It fosters the openness to new perspectives on phenomena or situations, using logic and creativity to reach conclusions and solve problems in interconnected contexts.
Intercultural communication (CI)	It develops the capacity for empathy, respect, cultural awareness, reciprocity, tolerance, verbal and non-verbal communication.
Collaborative work – Adaptability and flexibility (TC)	It benefits teamwork for problem-solving, facilitates information exchange, generates knowledge, enhances social communication, and enables adaptation to diverse environments.
Uso de herramientas digitales (HD)	It enables research and access to accurate information through the internet with ethics and responsibility, enhancing communication, efficiency, and productivity.
Learning through active and participatory methodologies (MA)	It encourages the construction of interactive and innovative learning through methodologies such as problem-based learning, research or inquiry (STEAM), and community and multicultural projects.
Bilingual education (EB)	Greater communication skills in diverse environments, openness and cultural curiosity; strengthens cognitive abilities, exchange, and knowledge with others, and access to different cultures.
Inclusion of subjects and/or content on global topics (IAG)	Promotes knowledge and understanding of diverse environments through topics such as sustainability, inter- and multiculturalism, human rights, cultural diversity, social responsibility, equity, and social justice. It fosters diversity and the exchange of ideas (global citizenship).

Source: OECD, 2018; Fadel et al., 2016; Bertely, 2011; Walsh, 2010; UNESCO, 2019 and 2021.

Results

The findings are presented in a table to facilitate analysis, organized by university and dimension:

Table 1

<i>Institution</i>	<i>PC</i>	<i>CI</i>	<i>TC</i>	<i>HD</i>	<i>MA</i>	<i>EB</i>	<i>IAG</i>
UDG	✓	☉	✓	✓	✓	✓	✓
UANL	✓	×	✓	✓	☉	☉	☉
UV	✓	☉	✓	✓	✓	✓	✓
BUAP	✓	☉	✓	✓	✓	✓	✓
UAM	✓	×	✓	✓	☉	☉	×
UAEH	✓	☉	✓	✓	✓	✓	☉
UG	✓	☉	✓	✓	✓	☉	☉
UABC	✓	☉	✓	✓	✓	✓	☉
UADY	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
UMSNH	✓	☉	✓	✓	✓	☉	✓

Note: HEIs are ordered according to their ranking in 4ICU.org. Simbology: ✓ Declared competency; ☉ Insufficient competency; × Competency not identified.

Discussion

From a methodological perspective, the findings of this study are derived from a documentary analysis of the official regulations that establish the guidelines for curricular design in the selected universities (see bibliographic references consulted by institution) regarding the identification and integration of the global competencies defined for this research.

To reduce observational biases, the Educational Models (EM) were also examined, specifically in the sections on curricular structure, through a targeted search to identify "key terms" that indicate the inclusion of global competencies. However, given the scope and limitations of this study, the theoretical foundation and institutional intent expressed in the EM (such as ideology, mission, or vision) were not considered. Likewise, the study does not address the implementation or impact of these competencies in educational practice.

It is first evidenced that there is no 100% consistency between what is stated in the Educational Model (EM)—specifically in the curricular structure—and the guidelines for curricular design in each Higher Education Institution (HEI). Some declarations were identified in one document but not in the other, which will be detailed below.

As observed in Table 1, regarding the dimension of Critical Thinking for Problem Solving in Local, National, and International Contexts (PC), there is a significant alignment between the declarations found in both the guidelines and the EMs. This indicates that HEIs consider this competency essential within their curricular structures, highlighting its relevance for student development.

Regarding the attribute of Intercultural Communication (CI), the analysis revealed that only the Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) explicitly includes this competency in its curricular structure. Seven institutions address it insufficiently, merely emphasizing the importance of students expressing acquired knowledge to their professors and peers without specifying the development of skills such as empathy, respect, non-verbal communication, and tolerance—key qualities promoted by this competency for effective interaction with others. Notably, the Universidad Autónoma de Baja California (UABC) integrates these aspects through seminars and workshops. Finally, neither the Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) nor the Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) explicitly declare this attribute in their curricular documents.

Following what is specified in Table 1, the competencies of Collaborative Work—adaptability and flexibility (TC)—and the Use of Digital Tools (HD) were identified in 10 of the studied universities, as specified within the statements of generic and transversal competencies. These universities highlight their importance and impact in keeping students and future professionals continuously updated and competitive

in both professional and labor markets, enabling them to effectively solve problems through digital literacy with an ethical sense. In the case of UAM, these competencies are declared only in relation to regional and national contexts.

Eight HEIs consider Active Methodologies (AM) essential for addressing reality from multiple perspectives, primarily incorporating Problem-Based Learning (PBL) into their curricula. This approach encourages student participation in projects with global impact and the development of teamwork and problem-solving skills in international contexts. In contrast, UANL and UAM mention these methodologies in their Educational Models (EM) but do not explicitly integrate them into their curricular designs.

Six HEIs incorporate Bilingual Education (BE) into their Educational Models (EM) and curricular guidelines, recognizing it as a generic and transversal competency. A minimum B1 level in a second language is required, along with the integration of foreign-language bibliography and the possibility of dual-degree programs in certain fields. In contrast, UANL, UAM, UG, and UMSNH do not explicitly mandate this competency in their curricula, instead linking it to internationalization programs, student mobility, and research summer programs, which are not universally accessible or required for graduation.

The Inclusion of Courses and/or Content on Global Topics (IAG) is integrated transversally in five HEIs, incorporating intercultural and multicultural perspectives into their curricula. Four of them reference these topics only in their Educational Models (EM) without explicitly incorporating them into curricular guidelines. In contrast, no documentary evidence of this competency was found at UAM. Notably, UADY explicitly includes content on Mayan culture and social responsibility in its academic programs, demonstrating a particular emphasis on recognizing local knowledge within a global framework.

In summary, most universities recognize the importance of developing global competencies in their students. However, their implementation varies depending on factors such as the adopted educational model, regional contexts, and institutional strategies. This variability underscores the need for a more systematic and structured approach to ensure the coherent and meaningful integration of these competencies in higher education, as well as the ongoing updating of institutional documents.

Conclusions

It must be acknowledged that there is no perfect curriculum that does not require ongoing revision, as the changing world continually reshapes the goals of an optimal curriculum. Rather, I believe that a significant objective remains to be achieved: that we, as interconnected individuals, fully exercise our citizenship by actively contributing to the preservation and development of natural and cultural heritage; critically and

judiciously managing available information; engaging in autonomous learning; interacting appropriately with others; and attaining physical, emotional, and personal well-being.

This study analyzed the integration of global competencies into the curricular design of various Mexican universities. The findings show that, at a normative and structural level, these institutions generally acknowledge their importance for academic and professional training, ensuring their inclusion in curricular guidelines, at least in most of the explored dimensions.

Even with the established Higher Education policies in Mexico and the recommendations of international organizations, the results indicate that further initiatives are needed to promote the understanding of global interconnections, the appreciation of cultural diversity, and the development of intercultural skills. Therefore, some relevant actions can be suggested:

1. Align what is stated in educational models with the guidelines for curricular design or redesign to ensure that students acquire innovative tools to face current challenges with social responsibility, fostering more equitable, just, and sustainable societies. In this regard, educational models should be updated to remain relevant to the current context.
2. Integrating intercultural communication competence as a central component is essential, as it facilitates interaction within diverse and inclusive professional environments.
3. Consider internationalization and student and faculty mobility programs as one of several strategies rather than the sole approach. Relying exclusively on mobility limits the development of global competencies, given that only a small number of students have access to these programs.

It is essential to expand research on the implementation of curriculum designs in real-world contexts through empirical approaches, in order to assess their effectiveness in promoting inclusion and in the development and appropriation of global competencies. An area of opportunity is also identified alongside this study, emphasizing the importance of higher education institutions regularly updating their public information and platforms to ensure the visibility and credibility of their current institutional profile.

References

- Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. (2015). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- ANUIES. (2012). Evaluación, certificación y acreditación en la educación Superior en México. <http://publicaciones.anui.es.mx/colecciones/documentos-institucionales/145/evaluacion-certificacion-y-acreditacion-en-la-educacion-superior-en>
- (2019). Visión y acción 2030: Propuesta de la ANUIES para el futuro de la educación superior en México. http://www.anui.es.mx/media/docs/avisos/pdf/VISION_Y_ACCION_2030.pdf
- . (2024). Comunicado. México transita en el camino de la educación superior como un derecho humano universal. [http://www.anui.es.mx/noticias/mxico-transita-en-el-camino-de-la-educacin-superior-como-un-derecho#:~:text=educaci%C3%B3n%20como%20un%20derecho%20humano%20universal%2C%20un,Superior%20de%20la%20Rep%C3%ABlica%20Mexicana%20\(ANUIES\)%2C%20Dr.](http://www.anui.es.mx/noticias/mxico-transita-en-el-camino-de-la-educacin-superior-como-un-derecho#:~:text=educaci%C3%B3n%20como%20un%20derecho%20humano%20universal%2C%20un,Superior%20de%20la%20Rep%C3%ABlica%20Mexicana%20(ANUIES)%2C%20Dr.)
- BUAP. (2007). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Estructura Curricular. <https://des.buap.mx/?q=pdf/estructura-curricular-0>
- (2007). Modelo Educativo Académico Minerva (MUM). <https://des.buap.mx/?q=pdf/modelo-educativo-acad%C3%A9mico-0>
- (2016). Criterios y niveles de dominio de las competencias genéricas de la BUAP. https://drive.google.com/file/d/1HWob3X-kHPhIU8T_ho1Kv8nl3rRZccK6/view
- . (2016) Vicerrectoría de la Docencia. Plan de estudios de Administración. BUAP https://crmixteca.buap.mx/sites/default/files/Oferta_Educativa/1_Sede_Atlixco/Plan%20de%20estudios%20Licenciatura%20de%20Administraci%C3%B3n%20de%20Empresas.pdf
- Bertely, B. María. (2011). Educación superior intercultural en México. Perfiles Educativos, XXXIII (), 66-77. <https://www.redalyc.org/pdf/132/13221258007.pdf>
- Bolívar, A., (2005). El lugar de la ética profesional en la formación universitaria. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 10(24), 93-123. <https://www.redalyc.org/pdf/140/14002406.pdf>
- Cabrero M. Enrique; Moreno, Carlos Iván. (2024). El futuro de la política de educación superior en México. Los rezagos y las oportunidades colección: "Propuestas y reflexiones sobre políticas públicas" No. 2. https://iippg.cucea.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/El%20futuro%20de%20la%20poli%C3%81tica%20de%20educacio%C3%81n%20superior_con%20semblanza.pdf
- Cruel. P. Macay, L. y Quiñonez, A. (2024). La Diversidad e Inclusión en el Trabajo: Claves para el Éxito Empresarial en el Siglo XXI. Reincisol, 3(5), pp. 118-133. [https://doi.org/10.59282/reincisol.v3\(5\)118-133](https://doi.org/10.59282/reincisol.v3(5)118-133).
- Díaz-Barriga, A.; Candela, Antonia; Acevedo R. Inés; Gallardo G. Ana Laura; Andere

- M. Eduardo; Orozco F. Bertha; Inclán, Catalina. Hernández R. Gerardo. (2023). Del marco curricular al plan de estudio 2022. Voces, controversias y debates. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.180.61292>
- Fadel, Charles, Bialik, Maya; Trilling, Bernie. (2016) Educación en cuatro dimensiones. <https://centroderecursos.educarchile.cl/server/api/core/bitstreams/c098fb26-93e2-43d3-9701-ac05cbebd7c0/content>
- García-Rincón del C. César. (2017). Comunicación intercultural y relaciones humanas en el trabajo. Manual e Formación. <https://funderetica.org/wp-content/uploads/2017/10/1Comunicacio%CC%81n-Intercultural-y-Relaciones-Humanas-en-el-Trabajo.pdf>
- Gobierno de México (2021). Ley General de Educación Superior. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5616253&fecha=20/04/2021#gsc.tab=0
- González R. Berta M. (2016). El taller como componente curricular para la formación integral en la educación superior. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6349223>
- Knight, J. (2012). Concepts, rationales, and interpretive frameworks in the internationalization of higher education. *Higher Education*, 64(5), 617-622. https://www.researchgate.net/publication/290363707_Concepts_rationales_and_interpretive_frameworks_in_the_internationalization_of_higher_education
- OECD. (2005). La definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo. <https://www.deseco.ch/bfs/deseco/en/index/03/02.parsys.78532.downloadList.94248.DownloadFile.tmp/2005.dsceexecutivesummary.sp.pdf>
- (2018). The Future of Education and Skills: Education 2030. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills_5424dd26/54ac7020-en.pdf
- (2021). Global Competency for an Inclusive World. OECD Publishing. <https://gisigpl.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/12/global-competency-for-an-inclusive-world.pdf>
- Ranking 100 mejores universidades de México por 4ICU 2025 <https://www.4icu.org/mx/>
- Rico-Gómez, María Luisa & Ponce-Gea, Ana Isabel Ponce Gea (2022). El docente del siglo XXI: perspectivas según el rol formativo y profesional. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662022000100077
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2017). Modelo Educativo para la Educación Obligatoria. Secretaría de Educación Pública. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5488338&fecha=28/06/2017#gsc.tab=0
- (2018). Universidades Interculturales en México: Un modelo educativo para la diversidad cultural. Secretaría de Educación Pública.
- Diario Oficial. Programa Sectorial de Educación. (2020). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/562380/Programa_Sectorial_de_Educaci_n_2020-2024.pdf

- (2023). La Nueva Escuela Mexicana y la Educación Superior. Secretaría de Educación Pública. [https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/13634/1/images/La%20Nueva%20Escuela%20Mexicana_orientaciones%20para%20padres%20y%20comunidad%20en%20general_\(Documento\).pdf](https://educacionmediasuperior.sep.gob.mx/work/models/sems/Resource/13634/1/images/La%20Nueva%20Escuela%20Mexicana_orientaciones%20para%20padres%20y%20comunidad%20en%20general_(Documento).pdf)
- (2025). Comunicado de la Secretaría de Educación Pública. Disponible en <https://www.gob.mx/sep/prensa/comunicado-conjunto-4-sep-secihti-anuies-y-el-cce-firman-acuerdo-para-fortalecer-la-formacion-profesional-y-atender-las-necesidades-del-sector-productivo-nacional?tab=>
- UNESCO. (2009). Education transforms lives. http://www.unesco.org/education/WCHE2009/comunicado_es.pdf
- (2017). Educación para la Ciudadanía Global: Preparar a los alumnos para los retos del siglo XXI. París: UNESCO. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244957>
- (2019). Education for Sustainable Development: A roadmap. París. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>
- (2021). Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación. París: UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379381_spa
- UABC. (2011). Universidad Autónoma de Baja California Lineamientos para la formulación y registro de los programas de unidades de aprendizaje, de los programas educativos de la UABC. http://web.uabc.mx/formacionbasica/documentos/Lineamientos_PUA.pdf
- (2014). Modelo educativo. <https://www.uabc.mx/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2021/04/ModeloEducativodelaUABC.pdf>
- UAEH. (2015). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. https://www.uaeh.edu.mx/modelo_educativo/docs/sin_modelo_educ_pag.pdf
- UAM. (2021). Universidad Autónoma Metropolitana. Guía metodológica para la formulación, modificación, adecuación y supresión de planes y programas de estudio. <https://www3.xoc.uam.mx/sites/default/files/20211105SupresionPlanesProgramas.pdf>
- UMSNH. (2010). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. <https://www.colegio.umich.mx/assets/files/MODELO-EDUCATIVOUMSNH.pdf>
- UANL. (2020). Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://www.uanl.mx/documentos-de-trabajo-para-el-diseno-curricular/>
- (2020). Manual para la presentación de propuestas de creación o rediseño curricular de programas educativos de Técnico Superior Universitario, Profesional Asociado y Licenciatura de la UANL. <https://www.uanl.mx/wp-content/uploads/2018/08/manual-1.pdf>
- UADY. (s/f.) Universidad Autónoma de Yucatán. Modelo Educativo para la formación integral. Disponible en: https://www.dgda.uady.mx/media/docs/mefi_estudiantes.pdf
- UDG. (2024). Universidad de Guadalajara. Reglamento de planes de estudio de

- la Universidad de Guadalajara. https://secgral.udg.mx/sites/default/files/Normatividad_general/RGPE%20%28Septiembre%202024%29.pdf
- (2022). Modelo Educativo Siglo XXI. <https://www.udg.mx/es/node/61115>
- UG. (2011). Universidad de Guanajuato. <https://www3.ugto.mx/images/pdf/normatividad/modelo-educativo-universidad-guanajuato.pdf>
- (2024). Lineamientos para desarrollar los procesos de diseño e implementación y evaluación curricular. Universidad de Guanajuato. <https://www.ugto.mx/gacetauniversitaria/images/consejo-consultivo/lineamientos-para-desarrollar-los-procesos-de-diseno--implementacion-y-evaluacion-curricular-de-los-programas-educativos-de-la-universidad-de-guanajuato-6763.pdf>
- UV. (2005). Universidad Veracruzana. Guía metodológica para el diseño de planes y programas de estudio. <https://www.uv.mx/dgdaie/guia-diseno/pc-ec-indicaciones/>
- (s/f). Diseño Curricular. <https://www.uv.mx/desarrollocurricular/disen-curricular/>
- Walsh, C. (2010). Interculturalidad crítica y educación intercultural. *Revista Latinoamericana de Educación Intercultural*, 12(1), 45-67. <https://shorturl.at/k4QeS>

Navegando sin brújula: la internacionalización de la educación superior en México y Brasil

Navigating without a compass: the internationalization of higher education in Mexico and Brazil

Magdalena Bustos Aguirre,¹ Alma Eduwigis Rangel García² y Ana María Flores Muñiz³

Resumen: Este capítulo analiza la internacionalización de la educación superior en Brasil y México; a través del estudio comparativo de la Universidad Federal de Ouro Preto (UFOP) y la Universidad Veracruzana (UV). Se trata de una investigación exploratoria, descriptiva y de enfoque cualitativo, basada en análisis documental y entrevistas con responsables de internacionalización. Los hallazgos indican que, aunque ambos países carecen de una política nacional clara en la materia, las universidades han desarrollado estrategias institucionales propias. Se identifican diferencias clave en autonomía administrativa, acceso a financiamiento y enfoques en la movilidad académica, la internacionalización en el ámbito local y la colaboración internacional. A pesar de los avances, persisten desafíos como la desigualdad en el acceso a oportunidades de internacionalización y la necesidad de una mayor articulación con políticas nacionales.

Palabras clave: internacionalización, educación superior, políticas universitarias, movilidad académica, cooperación internacional.

Abstract: This chapter analyzes the internationalization of higher education in Brazil and Mexico through a comparative study of the Federal University of Ouro Preto (UFOP) and the Universidad Veracruzana (UV). A qualitative approach was used, based on documentary analysis and interviews with internationalization officers. The findings indicate that, although both countries lack a clear national policy in this area, universities have developed their own institutional strategies. Key differences were identified in administrative autonomy, access to funding, and approaches to academic mobility and international collaboration. Despite progress, challenges remain, such as unequal access to internationalization opportunities and the need for greater alignment with national policies.

Keywords: internationalization, higher education, university policies, academic mobility, international cooperation.

1 <https://orcid.org/0000-0003-2370-9533>; magda.bustos@gmail.com

2 <https://orcid.org/0000-0002-2446-7575>; alma.rangel@academicos.udg.mx

3 <https://orcid.org/0000-0003-0868-6433>; ana.fmuniz@academicos.udg.mx

Introducción

En las últimas tres décadas, la internacionalización ha sido un concepto clave para las instituciones de educación superior (IES) y organismos internacionales, tales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y el Banco Mundial (De Wit et al, 2019). También en la agenda política del mundo se habla de la internacionalización de la educación superior como una prioridad estratégica para los gobiernos (Crăciun, 2018; Brooks y Waters 2011). A esto se suman las demandas en las IES emanadas de fenómenos como la emergencia de los Estados-nación, la globalización y el neoliberalismo (Crăciun, 2018; Altbach et al., 2009; Brooks y Waters 2011), y se tiene como resultado una presión sin precedentes para que el sector de la educación terciaria internacionalice sus prácticas.

Aunque de manera general se acepta que la internacionalización es “El proceso intencionado de integrar una dimensión internacional, intercultural o global en el propósito, las funciones y la prestación de servicios de educación superior, con el fin de mejorar su calidad, para todos los estudiantes y el personal, y hacer una contribución significativa a la sociedad” (de Wit et al., 2015, p.29); en la práctica, las interpretaciones de esta definición son variadas.

La falta de consenso y claridad en lo que internacionalización significa para la educación superior conduce a objetivos y prácticas diferenciadas en IES, países y regiones, con implicaciones importantes para la formulación de políticas en distintos niveles y en las estrategias de internacionalización implementadas en las IES (Crăciun, 2018; Gao, 2019).

En América Latina (ALC) —salvo el caso de Colombia, donde en 2024 se publicó el documento “Lineamientos de política para la internacionalización de la educación superior”—, se aprecia una falta de políticas nacionales para la internacionalización de la educación superior (Ilieva y Peak, 2016; de Wit et al., 2019). Esta situación refleja, por un lado, la falta de compromiso gubernamental con la internacionalización y, por otro, la autonomía de las IES “Para decidir en qué medida y en qué dimensiones desarrollar este proceso” (UNESCO-IESALC, 2024, p. 11).

Considerando lo anterior, este trabajo de investigación, de enfoque cualitativo, exploratorio y descriptivo, apoyado en entrevistas semiestructuradas, tiene por objetivo analizar el proceso de internacionalización en las instituciones de educación superior y la influencia que en esto tienen las políticas nacionales y la política institucional de internacionalización. Se eligieron dos universidades: la Universidad Veracruzana (UV), en México, y la Universidad Federal de Ouro Preto (UFOP), en Brasil, como casos de análisis. Se trata de dos universidades públicas que cuentan con una política de internacionalización, pero que se ubican en países que no tienen una política

al respecto; lo que permite, además de ilustrar el proceso de internacionalización, comparar y contrastar sus avances.

Este capítulo está dividido en siete partes: introducción, un marco conceptual en el que se definen los conceptos que se abordan a lo largo del texto, una descripción de los contextos nacionales para la internacionalización de la educación superior, una sección donde se abordan las características generales de los sistemas de educación superior en ambos países, una descripción sobre los contextos institucionales de las dos IES, una sección de discusión de resultados y una última, con las reflexiones finales de la autoras.

Marco conceptual: políticas nacionales para la internacionalización de las IES

Rumbley y Helms (2020) definen una política nacional de internacionalización como “Un marco rector propuesto por un actor (o actores) nacional de alto nivel que proporciona un plan, o estrategia general para la internacionalización dentro del sector de educación superior de un país determinado” (p. 2079).

A través de políticas y programas estratégicos, el nivel nacional desempeña un papel fundamental en la internacionalización de la educación superior, definiendo su alcance y evolución (Knight, 2004). En otras palabras, las políticas nacionales de internacionalización de la educación superior crean un entorno propicio al establecer incentivos y desarrollar mecanismos de gobernanza que facilitan la transformación del sector. Una política nacional no solo involucra a las instituciones de educación superior (IES), sino también a organismos gubernamentales, entidades de la sociedad civil y empresas relacionadas con la educación, la cultura, la ciencia, la tecnología, el empleo y la migración. Estos actores impulsan la movilidad académica, el desarrollo de programas educativos, la investigación y la cooperación institucional.

La formulación de políticas nacionales de internacionalización es una práctica relativamente reciente que no suele observarse fuera de los países del norte global; los datos disponibles sugieren que no se trata de una práctica ampliamente adoptada, ni siquiera en países desarrollados, pues, según Crăciun (2018) apenas un 11 % de 26 países analizados, principalmente europeos, cuenta con una estrategia oficial en esta área.

Otro de los estudios relevantes en la temática es el reporte del Consejo Británico (Ilieva y Peak, 2016) donde se recabó información de 26 países para comprender cómo los marcos regulatorios y las estrategias gubernamentales pueden fomentar la colaboración internacional y la movilidad académica en tres aspectos: a) apertura del sistema y movilidad internacional, donde se evaluaron las estrategias gubernamentales, las políticas de movilidad estudiantil y académica, y la colaboración en investigación; b) aseguramiento de calidad y reconocimiento de títulos, donde se analizó la supervisión

de los países en relación a la educación superior nacional e internacional; y c) acceso equitativo y sostenibilidad, que explora el financiamiento destinado a la movilidad, el desarrollo sostenible y las medidas para evitar el desplazamiento de estudiantes locales o la fuga de talento. Los resultados del estudio evidencian, de manera general, que contar con una política nacional mejora la coordinación con entidades gubernamentales y permite el establecimiento de estrategias de largo plazo que potencien las acciones de internacionalización.

A manera de ejemplo, se detallan a continuación los resultados del estudio de Ilieva y Peak (2016) para algunos países no europeos con resultados positivos: Vietnam, Malasia y China. Estos países se encuentran en una posición fuerte dentro del marco de políticas que favorecen la educación superior internacional: tienen esfuerzos notables en la regulación y la validación de estudios internacionales; ofrecen apoyos, becas y financiamiento para la movilidad estudiantil y académica, así como para la colaboración y la investigación; han implementado estrategias para atraer estudiantes y cuentan con políticas para evitar la fuga de cerebros.

El estudio de Ilieva y Peak (2016) también incluyó información de cuatro países de América Latina, incluidos Brasil y México. Los resultados indican que estos dos países tienen debilidades para la integración de la educación superior internacional y problemas importantes en la regulación y reconocimiento de títulos; y aunque también se destaca como un aspecto positivo la existencia de esquemas de financiamiento para la movilidad estudiantil y con ello el acceso a oportunidades de estudio en el extranjero, hay que tomar en cuenta que el estudio de Ilieva y Peak es previo al gobierno del presidente Bolsonaro, en Brasil (2019-2022), y del presidente López Obrador, en México (2018-2024); pues en estos periodos hubo un importante retroceso en programas y financiamiento para la movilidad internacional.

Contextos nacionales de la educación superior

En México, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) es un documento esencial que establece los objetivos prioritarios del Gobierno de México para el sexenio. Durante la administración del presidente López Obrador (2018-2024) el PND no incluyó una estrategia para la internacionalización de la educación superior, aunque el Plan Sectorial de Educación (PSE) 2020-2024, que es el documento que debe responder al PND en temática educativa, establece –en su acción puntual 2.7.3– el impulso de acciones de cooperación e intercambio en ámbitos científicos, tecnológicos, académicos, estudiantiles y culturales a niveles nacional e internacional.

Por otro lado, la Ley General de Educación Superior, que entró en vigor en 2021, establece en el artículo 8 los criterios bajo los cuales se orientará la educación superior en México, y en la fracción XXIII, señala que uno de estos elementos orientadores es:

La internacionalización solidaria de la educación superior, entendida como la

cooperación y el apoyo educativo, con pleno respeto a la soberanía de cada país, a fin de establecer procesos multilaterales de formación, vinculación, intercambio, movilidad e investigación, a partir de una perspectiva diversa y global (LGES, 2021, p. 54).

El Plan Plurianual PPA 2024-2027 de Brasil, que es un instrumento de planificación gubernamental donde se establecen directrices, objetivos y metas de la administración pública federal para un período de cuatro años, señala como uno de los objetivos específicos “Promover el fortalecimiento de la internacionalización de la educación superior a través del desarrollo de acciones que promuevan una perspectiva global, intercultural e internacional, y una cooperación que contribuya a la mejora la calidad y pertinencia de la enseñanza, la investigación, extensión e innovación desarrolladas por las Instituciones de Educación Superior (IES)” (Ministério do Planejamento e Orçamento, 2023, p. 143).

Como se señaló anteriormente, el proceso de internacionalización a nivel país requiere la intervención de diversos actores. En México, la Secretaría de Educación Pública tiene el rol principal en materia de política y gestión educativa, mientras que, en Brasil, el Ministerio de Educación y la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES) son los actores más relevantes.

Otros actores importantes son la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación y El Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil, particularmente en lo que respecta a internacionalización de la investigación; y las asociaciones de universidades, como la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior y la Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior en México, y la SEMESP que representa a los proveedores de educación superior privada en Brasil.

Finalmente, las asociaciones dedicadas de manera específica a la internacionalización de las instituciones de educación superior, como la Asociación Brasileña de Educación Superior Internacional (FAUBAI) y la Asociación Mexicana para la Educación Internacional (AMPEI), tienen un rol muy importante en la formación de cuadros y la profesionalización del sector, además de la posibilidad de servir como puentes de interconexión y cabildeo entre quienes tienen a su cargo las funciones de internacionalización y las entidades gubernamentales y de la sociedad civil que intervienen en estos procesos (Bustos-Aguirre et al., 2018).

El sistema de educación superior en México y en Brasil

La educación terciaria en Brasil se considera un bien público y, por consecuencia, el gasto público en educación de alrededor del 5% del producto interno bruto (PIB) (Consejo Británico y DAAD, 2014). El Ministerio de Educación de Brasil clasifica las

IES de la siguiente manera: públicas (federales, estatales y municipales) y privadas (comunitarias, confesionales, filantrópicas y particulares), las primeras están totalmente financiadas por el gobierno, son completamente gratuitas y tienen una mejor reputación de calidad que las segundas. En el año 2020 se tiene registro de 2,457 IES y una matrícula en educación superior de 9,443,597 estudiantes. El 12 % de las IES son públicas y atienden al 22% de los estudiantes, mientras que las IES privadas componen el 88% del sector y atienden al 78% de los estudiantes (Censo de Educativo Superior, 2020). No obstante, las IES públicas, que representan apenas una de cada diez, son responsables del 95% de la investigación científica (Leal, 2020).

En lo que respecta a México, para el ciclo escolar 2019/2020, el sistema de educación superior registró 4,931,200 estudiantes y 3,777 IES. En México las instituciones educativas se dividen en particulares, que representan un 73% de las IES y atienden aproximadamente al 34% de la matrícula, y públicas, que comprenden el restante 27% y concentran un 64 % del estudiantado a nivel nacional. En el subsistema público, las instituciones con mayores concentraciones de matrícula son las universidades estatales, con un 26 %, seguidas de las universidades federales, con un 11 % (Bustos-Aguirre et al., 2023). En cuanto al financiamiento, todas las instituciones, tanto públicas como privadas, cobran una cuota a los estudiantes, aunque en las instituciones públicas las cuotas de matrícula son en su mayoría simbólicas. Mientras que las IES públicas reciben financiamiento público, las IES privadas se financian, casi en su totalidad, con las cuotas de matrícula que cobran a los estudiantes y no son elegibles para recibir fondos públicos directos (Marmolejo, 2020).

Una diferencia interesante entre ambos sistemas es que, aunque hay una predominancia en el número de IES particulares en los dos países, en Brasil la matrícula también se concentra en este subsector. Esto se debe al limitado número de IES públicas y a su capacidad instalada para admitir estudiantes. Una estrategia remedial del gobierno brasileño para ampliar las oportunidades de acceso a la educación superior, sin incrementar el presupuesto público directo que se destina al sector, es el programa “Universidade para Todos (Prouni)” que ofrece becas de estudio integrales y parciales (50%) en instituciones privadas de educación superior. Desde su creación en 2005 y hasta 2023, más de 3.4 millones de estudiantes se han beneficiado del programa (Gobierno de Brasil, 2024).

Contexto institucional de la Universidade Federal de Ouro Preto y la Universidad Veracruzana

La UFOP está ubicada en el municipio de Ouro Preto del estado de Minas Gerais. Se creó el 21 de agosto de 1969 como resultado de la unión de dos instituciones de Brasil: la Escuela de Farmacia (1839) y la Escuela de Minas (1876). Su propósito es promover y contribuir a la excelencia plural y gratuita bajo principios democráticos de gestión e ideales de libertad y solidaridad humana. Su finalidad es, ante todo, la producción

y difusión científica, tecnológica, social, cultural y medioambiental, reivindicando la democratización del acceso a la educación superior, con inclusión social (UFOP, 2023).

La UFOP tiene tres campus: Campus de Ouro Preto, Campus Mariana y Campus João Monlevade, los cuales responden al nombre de las ciudades en las que se ubican; cuenta con 1,014 académicos, de los cuales 914 son de dedicación exclusiva, 860 a tiempo completo y 54 de medio tiempo. En 2023, su matrícula estudiantil fue de 11,453 estudiantes (UFOP, 2023).

La Universidad Veracruzana, ubicada en el estado de Veracruz (México) fue fundada en 1944 y en 1996 logró su autonomía asumiéndose como universidad pública estatal. Es la institución de educación superior más grande del sureste del país y tiene presencia en 27 municipios del estado. Cuenta con 6,253 académicos, de los cuales el 56.75 % son profesores de tiempo completo (Universidad Veracruzana, 2022), y atendió una matrícula de 88,387 estudiantes en el ciclo 2023/2024 (Bermúdez, 2025).

En 1957 la Universidad Veracruzana se posicionó como pionera en el ámbito de la internacionalización de la educación superior en México con la fundación de la Escuela para Estudiantes Extranjeros, a partir de la necesidad de atender a una población estudiantil internacional visitante en la zona, dando el primer paso para institucionalizar una incipiente estrategia de internacionalización (Rangel-Ramírez, 2023).

Discusión de los resultados sobre el proceso de internacionalización en la UV y la UFOP

En esta sección se analizan los principales hallazgos derivados del estudio comparativo entre la Universidad Federal de Ouro Preto (UFOP) y la Universidad Veracruzana (UV), con base en entrevistas realizadas a los responsables de internacionalización y el análisis documental. El objetivo de esta sección es comprender cómo los marcos normativos nacionales o, en este caso, su ausencia impactan en la toma de decisiones institucionales, identificar las estrategias de internacionalización que han implementado ambas universidades; así como los principales retos que enfrentan en la gestión de sus procesos de internacionalización.

En primera instancia, se confirma que en ninguno de los dos países existe una política nacional clara sobre internacionalización de la educación superior. El director de general de Relaciones Internacionales (DGRI1) de la UFOP comentó en entrevista:

Creo que no tenemos una política nacional, tenemos acciones o tenemos algunos programas, pero no un documento que guíe a todas las Universidades [...]. Tenemos acciones nacionales [...] para las universidades, [...] sobre todo para las universidades públicas federales porque el gobierno federal es el que [las] controla. Las [universidades estatales] tienen reglas especiales por ejemplo la [s reglas de la] Universidad del Estado de Sao Paulo son diferentes a las de UFOP, [...] tienen menos] restricciones y [...] mayor libertad (DGRI1).

Por otro lado, su homólogo en la UV (DGRI2), en México, añadió: “La Ley [General de Educación Superior] habla de la internacionalización solidaria, pero, en mi opinión, se queda corta y no existe un documento [...] donde se defina o se proporcionen sus metas u objetivos, y por tanto no hay una perspectiva de hacia dónde debe ir la internacionalización de la educación superior [en el país]”.

En cuanto a la política institucional, el DGRI1 enfatizó: “Tenemos un plan de internacionalización, está en nuestro sitio web; este plan fue aprobado para [...] poder participar en CAPES-print. Todas las universidades deben tener un plan de internacionalización y una política lingüística para ser aprobados y participar”.

Capes-print (CAPES, 2024) es un programa del gobierno brasileño, que opera a través de CAPES, para que las instituciones de educación superior fortalezcan su internacionalización. Ofrece fondos destinados a la gestión, operación y desarrollo de iniciativas vinculadas a la cooperación internacional en educación superior, tales como proyectos de colaboración y becas para doctorado, posdoctorado y profesores visitantes, tanto entrantes como salientes; promueve la capacitación en cursos de corta duración y la transformación de las universidades en entornos globales. Su enfoque es promover el diseño y ejecución de actividades por parte de las instituciones para que el financiamiento responda a sus necesidades.

La política institucional de la UV enfatiza la importancia de fortalecer la internacionalización solidaria y la multiculturalidad con el fin de obtener recursos extraordinarios, facilitar el intercambio de conocimientos, la movilidad estudiantil y académica y la solución de problemas comunes en el ámbito local y global, a través de alianzas estratégicas con organismos e instituciones internacionales (Plan de Trabajo, UV, 2021-2025). En la entrevista realizada, el DGRI2 añadió “Se cuenta con una política institucional plasmada en el Plan Institucional de Desarrollo [que se revisa periódicamente para asegurar que se están cumpliendo los objetivos y metas, y] no solo se queden en el papel”.

Según Marinoni y Cardona (2024), en América Latina tres de cada cuatro IES participantes en su estudio cuentan con una política de internacionalización y 93 % de estas cuentan con una oficina o equipo que atiende el proceso de internacionalización (ORI), aunque su nivel jerárquico, composición e importancia varían de forma sustancial.

Las ORI de la UFOP y de la UV tienen nivel de dirección general y su misión es atender el proceso de internacionalización en la institución; cuentan con un plan de desarrollo para sus funciones y ambas se ubican en un primer nivel jerárquico, dependiendo de la rectoría; sin embargo, la estructura de las oficinas es distinta. La UV, al ser una universidad con mayor número de estudiantes, de carácter estatal y autónoma, cuenta con facilidades respecto a la contratación y conformación de

su estructura organizacional. En cambio, en la UFOP, al igual que en el resto de las universidades federales de Brasil, la contratación de personal debe pasar por un proceso de aprobación en el Ministerio de Educación Superior, lo que limita su capacidad para contratar personal y elegir perfiles para operar estrategias y programas de internacionalización.

Estas diferencias en autonomía para la gestión del personal se traducen en dos oficinas con tamaño, alcances y posibilidades de gestión muy distintas: mientras que la UFOP cuenta con un director de relaciones internacionales, una recepcionista y alrededor de diez becarios que apoyan las tareas de la oficina, la UV cuenta con un administrador, una dirección de la Escuela para Estudiantes Extranjeros, un representante en China, una coordinación de movilidad estudiantil y académica, una coordinación de programas y servicios, y una coordinación de cooperación académica.

Con relación al nivel jerárquico, y el acceso y facilidades que este brinda a las ORI para realizar las tareas de internacionalización, los entrevistados señalaron que “Depende[mos] directamente de la rectoría y no tenemos otros departamentos de intermediarios” (DGRI1) y que “El nivel de subordinación que tiene la ORI [... indica] el nivel de prioridad que tiene la internacionalización en la institución” (DGRI2). Esto confirma que, para las IES interesadas en la internacionalización de sus funciones sustantivas, el papel de las ORI es fundamental, lo que se alinea a los resultados del estudio de Marinoni y Cardona (2024) que señalan que la ORI, junto con la persona que ejerce la rectoría o presidencia de la IES, son los principales motores internos del proceso de internacionalización.

Las actividades de internacionalización en la educación superior comúnmente han recibido una clasificación binaria: internacionalización en el extranjero o internacionalización en el ámbito local (Knight, 2012).

La actividad más conocida de internacionalización en el extranjero es la movilidad, la cual se define como el cruce físico de fronteras con el objetivo de participar en actividades educativas en un país distinto al de residencia anterior u origen (UIS, 2022). Tanto la UFOP como la UV, además de contar con diversos programas de movilidad para estudiantes, tienen programas de financiamiento que apoyan el intercambio con IES específicas.

Otra de las diferencias en las estrategias de internacionalización de las dos IES es que únicamente la UV cuenta con un programa para la movilidad de académicos denominado “Habilitación del perfil internacional de los académicos” (HAPI), que promueve la realización de estancias cortas. Según Altbach y Postiglione (2013), el involucramiento de los profesores con la internacionalización es indispensable para el éxito del proceso, ya que en ellos recaen las tareas del diseño curricular, la docencia de las asignaturas donde, además, se incorporan estudiantes internacionales,

la investigación en colaboración, el diseño de algunos programas de movilidad y la motivación para que los estudiantes participen en experiencias académicas internacionales.

Por lo que respecta a las estrategias de internacionalización en casa, están la incorporación de la dimensión internacional e intercultural en el currículum formal e informal que no implican la movilidad física de las personas (Beelen y Jones, 2020); y la internacionalización del currículum, definido por Leask (2020) como la incorporación de la dimensión internacional, intercultural o global en el contenido del currículum, los resultados de aprendizaje, los métodos de enseñanza y evaluación; así como en los servicios de apoyo para los programas de estudio, y dónde la movilidad tiene cabida.

El DGRI1 menciona que, al ser una universidad pequeña y con un proceso de internacionalización más reciente, en la UFOP no se han desarrollado actividades de internacionalización del currículum. También señaló que, debido a las regulaciones nacionales para clases virtuales de Brasil, es difícil implementar la metodología COIL, Collaborative Online International Learning, que busca internacionalizar el currículum y facilitar el aprendizaje intercultural mediante la interacción virtual entre docentes y estudiantes de instituciones educativas distintas (Hackett et al., 2024).

Esta es una diferencia muy importante entre las dos IES estudiadas, pues para la UV la metodología COIL es central a su estrategia de internacionalización en el ámbito local, con cursos que se imparten en inglés, francés y español, y que se consideran como elementos de productividad académica para algunas evaluaciones de la actividad docente; como señaló el DGRI2: “Se tiene una gran presencia en [la metodología y la red] COIL [y otras IES] nos toman como referencia”.

Otra tarea importante en las ORI es la visibilidad internacional y la participación en redes internacionales de colaboración. En este sentido, el DGRI1 señaló que la UFOP participa en el Grupo de Cooperación Internacional de Universidades Brasileñas (GCUB), que es una asociación nacida en 2008 con el objetivo de promover la internacionalización, la movilidad académica y la cooperación internacional en investigación; la Red Uniminas, que es una iniciativa de vinculación Estado-universidad para promover la internacionalización de la enseñanza superior en el estado de Minas Gerais; y la Asociación de Universidades de Lengua Portuguesa (AULP), que es una red internacional fundada en 1986 y que agrupa más de 130 instituciones de educación superior en países lusófonos y Macao para promover la cooperación académica, la movilidad estudiantil y la difusión de la lengua portuguesa.

Por su parte, la UV es una institución con mucha presencia internacional, pues según comentó el DGRI2, participa en diversas asociaciones enfocadas en la cooperación internacional: la Organización Universitaria Interamericana (OUI-IOHE), la Unión de Universidades de América Latina y del Caribe (UDUAL), el Consorcio para la

Colaboración de la Educación Superior en América del Norte (CONAHEC), la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP), la Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) y la Red de Soluciones de Desarrollo Sostenible (SDSN). Además de coordinar la Red COIL para América Latina, del Centro COIL de la Universidad Estatal de Nueva York (SUNY).

En cuanto a los acuerdos de colaboración, el DGRI1 señaló que la UFOP mantiene relación con más de 80 instituciones en alrededor de 30 países. El principal objetivo de estas asociaciones es fomentar y facilitar la colaboración en investigación y educación internacional a través del intercambio académico. Por su parte, el DGRI2 señaló que en la UV existen 283 convenios internacionales vigentes con instituciones y organismos de 29 países, entre los que destaca un intercambio con la República Popular de China vinculado al establecimiento en el 2024 del Instituto Confucio de la UV; sin embargo, el DGRI2 señaló que para la UV el enfoque prioritario actualmente es la colaboración con países hispanoamericanos y que se cuenta con 55 convenios con IES de España, 54 de Colombia, 19 de Brasil y 11 de Cuba.

Por lo que respecta a los retos para la internacionalización, el DGRI1 indicó la falta de recursos financieros y humanos en la UFOP: “No recibimos dinero [...] uno de los principales desafíos es obtener recursos para la internacionalización, porque el dinero de la federación viene para distintas áreas y se tiene que negociar”. Mientras que, para la UV, según el DGRI2 el reto principal es la participación de toda la comunidad en el proceso de internacionalización, especialmente del profesorado: “La máxima autoridad tiene que ser muy persuasiva de abajo hacia arriba, se debe persuadir a los profesores, haciéndoles ver que [implementar un curso COIL u otras actividades de internacionalización del currículo] no será una carga extra para su trabajo [y] facilitará la calidad y la excelencia [en la UV]”.

Reflexiones finales

Como se mencionó en la introducción, en este estudio se abordan los casos de dos IES, una brasileña y una mexicana, a fin analizar sus procesos de internacionalización y la forma en la que el contexto, las políticas y los actores gubernamentales inciden en este.

Si bien a lo largo de este capítulo se evidencia que ninguno de los dos países cuenta con políticas nacionales claras y estructuradas para la internacionalización de la educación superior, es posible observar que, en Brasil, la internacionalización está presente con mayor contundencia, pues existe un objetivo específico para la internacionalización de las IES en el Plan Plurianual 2024-2027 del gobierno federal, respaldado por programas operativos que reciben financiamiento. Sin embargo, hay que señalar que el impacto de las acciones gubernamentales para la internacionalización del perfil estudiantil es

bastante limitado, pues están focalizadas en las IES públicas y este subsector cubre apenas una quinta parte de la matrícula del país.

Las instituciones que se analizan en este artículo tienen diferente génesis, lo que se traduce en retos y oportunidades distintas en diversos aspectos, incluido el proceso de internacionalización. Por ejemplo, la UV, una universidad pública estatal y autónoma, puede definir en cierta medida la estructura organizacional de su ORI, sus procesos de internacionalización y la implementación de acciones de internacionalización del currículo, como son los cursos COIL, mientras que la UFOP, por ser una institución federal, tiene acceso a programas y apoyos federales específicos del gobierno brasileño para incrementar la movilidad, visibilidad y cooperación internacional, como el CAPES-print, lo que contribuye a incrementar al nivel de internacionalización y pertinencia de la investigación que se hace en el país, aunque su autonomía es más limitada.

Otro aspecto que es importante destacar es que ambas IES han delimitado sus áreas geográficas de interés y se alinean con perspectivas geográficas y culturales compartidas: la UV mantiene especial interés en colaborar con países hispanoamericanos, y la UFOP con el mundo lusófono. Estas definiciones reflejan la importancia del idioma en la colaboración internacional y se podrían considerar como elementos para una estrategia de internacionalización descolonizada y no enfocada en el norte global, aunque también implican que los estudiantes y profesores tienen menos oportunidades de desarrollar competencias interculturales y, sobre todo, lingüísticas, y puede representar una barrera para una internacionalización más amplia si no se complementa con alianzas estratégicas en otras regiones.

La ausencia de una política nacional de internacionalización en Brasil y México ha llevado a que las IES, como la UFOP y la UV, asuman la responsabilidad de diseñar e implementar sus propias estrategias: ambas universidades cuentan con una política de internacionalización, han establecido acuerdos con instituciones extranjeras y cuentan con programas de movilidad estudiantil. No obstante, a pesar de los avances, ambas universidades siguen enfrentando retos tales como asegurar que los beneficios de la internacionalización lleguen a todos los sectores de la comunidad universitaria, incluyendo estudiantes de bajos recursos y profesores sin experiencia en cooperación internacional; y al exterior, articular sus esfuerzos en un contexto nacional donde no existe una política clara de internacionalización.

Se puede confirmar que la ausencia de una política nacional para la internacionalización de la educación superior deriva en que los resultados entre IES son dispares y están limitados por su tamaño y capacidad de gestión, además de estar enmarcados por los intereses de los equipos rectorales del momento. Este trabajo muestra cómo la estructura organizacional robusta y el equipo especializado en internacionalización de la UV permiten gestionar múltiples programas y alianzas estratégicas que superan los esquemas de movilidad tradicionalmente asociados a la internacionalización, mientras

que las limitaciones en recursos humanos y financieros en la UFOP restringen la capacidad de expansión de las acciones de internacionalización y, en última instancia, el alcance de sus estrategias.

Los hallazgos de esta investigación parecen confirmar que, en la región, la internacionalización está siendo impulsada por las IES (Marinoni y Cardona, 2024) y que los procesos de internacionalización en las IES están influenciados por factores estructurales, políticos e institucionales que responden al contexto nacional y nivel de autonomía de cada universidad. Por tanto, para que la internacionalización cobre una mayor importancia en las instituciones y se desarrolle de manera más homogénea a lo largo del sistema de educación superior de un país, es necesario que existan políticas nacionales que den soporte a la internacionalización, pues la falta de claridad en los objetivos y metas de internacionalización conducen a resultados dispares e imprevistos en el sistema.

Referencias

- Altbach, P., & Postiglione, G. (2013). Professors: The key to internationalization. *International Higher Education*, (73), 11-12.
- Altbach, P. G., Reisberg, L., y Rumbley, L. E. (2009). Tracking a Global Academic Revolution En Albatch, P. G. (Ed.) *Global perspectives on higher education* (pp. 15-27). John Hopkins University Press.
- Beelen J. y Jones E. (2020). Internationalization at Home. En P. N. Teixeira, & J. C. Shin (Eds.). *The international encyclopedia of higher education systems and institutions* (pp. 1864-1867). Springer, Dordrecht.
- Bermudez L. Marcelo (9 de enero, 2025). Claves del tercer informe de labores del rector de la Universidad Veracruzana. <https://lasillarota.com/veracruz/estado/2024/9/24/claves-del-tercer-informe-de-labores-del-rector-de-la-universidad-veracruzana-502883.html>
- Bustos-Aguirre, M. L., Castiello-Gutiérrez, S., Cortes Velasco, C. I., Maldonado-Maldonado, A., & Rodríguez Betanzos, A. (2022). Movilidad estudiantil en educación superior en México (2016-17, 2017-18 y 2018-19). ANUIES.
- Brooks, R., & Waters, J. (2011). Policy Context. Student mobilities, migration and the internationalization of higher education. (pp.22-44) Palgrave Macmillan.
- Bustos Aguirre, M. L., Crótte Ávila, I. A., y Lizárraga González A. M. (2018). Asociación mexicana para la educación internacional. En J. Gacel-Ávila, (Ed.), *La dimensión internacional de la educación superior en América Latina y el Caribe* (pp. 219-226). RIESAL. http://erasmusplusriesal.org/sites/default/files/dimension_internacional_de_la_educacion_superior_en_america_latina_y_el_caribe_publicado.pdf
- CAPES (2024). Programa de Internacionalización Institucional. <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/bolsas/bolsas-e-auxilios-internacionais/informacoes-internacionais/programa-institucional-de-internacionalizacao-capes-print>
- Censo de la Enseñanza Superior 2020 Notas Estadísticas (s.f) https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/notas_estatisticas_censo_da_educacao_superior_2020.pdf
- Consejo Británico y DAAD (2014). La justificación para patrocinar a estudiantes para que realicen estudios internacionales. Una evaluación de los programas nacionales de becas de movilidad estudiantil. [Archivo PDF]. https://www.britishcouncil.org/sites/default/files/e002_outward_mobility_study_final_v2_web.pdf
- Crăciun, D. (2018). National Policies for Higher Education Internationalization: A Global Comparative Perspective. En: Curaj, A., Deca, L., Pricopie, R. (Eds) *European Higher Education Area: The Impact of Past and Future Policies*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77407-7_7
- De Wit, H.; Hunter, F.; Egron-Polak, E. & Howard, L. (Eds.). (2015). Internationalization of higher education. (pp.27-31). European Parliament. <https://www.europarl>.

- europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/540370/IPOL_STU(2015)540370_EN.pdf
- De Wit, H.; Rumbley, L. E.; Cracium, D.; Mihut, G. & Woldegiyorgis, A. (2019). International Mapping of National Tertiary Education Internationalization Strategies and Plans (pp. 2-16). Center for International Higher Education. <https://www.bc.edu/content/dam/bc1/schools/lsoe/sites/cihe/publication/pdf/Perspectives%2012.pdf>
- Gao, C. Y. (2019). Measuring university internationalization. *Measuring University Internationalization: Indicators across National Contexts* (pp.73-110). Springer.
- Gobierno de Brasil. (2024, 11 de julio). Programa Universidade para Todos (Prouni). Secretaria de Comunicação Social. Recuperado el 10 de marzo de 2025, de <https://www.gov.br/secom/pt-br/acao-a-informacao/comunicabr/lista-de-acoes-e-programas/programa-universidade-para-todos-prouni>
- Hackett, S., Dawson, M., Janssen, J., & van Tartwijk, J. (2024). Defining Collaborative Online International Learning (COIL) and differentiating it from other forms of online learning. *TechTrends*, 68(6), 1078–1094. <https://doi.org/10.1007/s11528-024-01000-w>
- Ilieva, J. & Peak, M. (2016). The Shape of Global Higher Education. British Council. https://www.britishcouncil.org/sites/default/files/f310_tne_international_higher_education_report_final_v2_web.pdf
- Knight, J. (2004). Internationalization remodeled: definition, approaches, and rationales. *Journal of Studies in International Education*, 8(1), pp. 5–31. <https://doi.org/10.1177/1028315303260832>
- Knight, J. (2012). Concepts, rationales, and interpretive frameworks in the internationalization of higher education. In Deardorff, D.K., de Wit, H., Heyl, J., & Adams, T. (Eds.). *The SAGE handbook of international higher education* (pp. 27-42). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Leal, F. (2020). As bases epistemológicas dos discursos dominantes de internacionalização da educação superior no Brasil [Archivo PDF]. Universidade do Estado de Santa Catarina.
- Leask (2020). Internationalization of the Curriculum, Teaching and Learning. En Teixeira, P. N. & Shin, J. C. (Eds.). *The international encyclopedia of higher education systems and institutions* (pp. 1940-1949). Dordrecht: Springer.
- Ley General De Educación Superior. Secretaría de Educación Pública. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lges/LGES_orig_20abr21.pdf
- Marinoni, G., & Pina Cardona, S. B. (2024). Internationalization of higher education: Current trends and future scenarios. International Association of Universities (IAU). https://www.iau-aiu.net/IMG/pdf/2024_internationalization_survey_report_digital.pdf
- Marmolejo, F. (2020). Internationalization of Higher Education in Mexico en *Agenda, A.U., The Bloomsbury Handbook of the Internationalization of Higher Education in the Global South* (pp. 264-277). Bloomsbury Academic.

- Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria Nacional de Planejamento. (2023). Plano plurianual 2024-2027: mensagem presidencial. <https://observatorioplanificacao.cepal.org/sites/default/files/plan/files/presidencial-ppa-2024-2027.pdf>
- Rangel-Ramírez, H. G. (2023). Movilidad internacional de estudiantes como factor en la construcción de ciudadanía global intercultural en la Universidad Veracruzana [Tesis de Doctorado]. DOI: 10.13140/RG.2.2.15691.09762
- Rumbley L. & Helms, R. M. (2020). National Policies for Internationalization. En Teixeira, P. N. y Shin, J. C. (Eds.). *The international encyclopedia of higher education systems and institutions* (pp. 2079-2082) Springer.
- UNESCO-IESALC (2024). Internacionalización de las instituciones de educación superior en el contexto latinoamericano. Guía de primeros pasos. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000392237>
- UNESCO-UIS. (2022). Glossary. UNESCO Institute of Statistics. <http://uis.unesco.org/en/glossary>
- Universidade Federal de Ouro Preto [UFOP] (2023). Relatório de Gestão UFOP 2023. UFOP. https://proplad.ufop.br/sites/default/files/rg_2023_final_30.07.pdf
- Universidad Veracruzana. (2022). Programa de trabajo 2021-2025. <https://www.uv.mx/documentos/files/2022/03/Programa-Trabajo-2021-2025.pdf>

Approaches to interculturality and their implementation in chilean universities: between rhetoric and organizational innovations amid managerialism

Aproximaciones a la interculturalidad y su implementación en las universidades chilenas: entre la retórica y las innovaciones organizacionales en medio del gerencialismo

Julio Labraña Vargas,¹ Paulina Latorre Bahamondez² e Isabel Araos Boussac³

Resumen: Este capítulo examina cómo se conceptualiza e implementa la interculturalidad en universidades privadas y públicas en Chile. Sostiene que abordar los desafíos que la interculturalidad plantea a la educación superior requiere superar los modelos convencionales. Aunque las universidades reconocen su importancia política y jurídica, el enfoque predominante en métricas cuantitativas limita la integración de perspectivas interculturales en las prácticas institucionales. Basándose en un marco teórico centrado en la tensión entre gerencialismo e interculturalidad y utilizando una metodología cualitativa, el estudio revela una brecha persistente entre el discurso aspiracional y las realidades operativas. La investigación concluye destacando la necesidad de una reflexión crítica continua y de una adaptación institucional para fortalecer la integración intercultural en un contexto de presiones externas cambiantes.

Palabras clave: interculturalidad, universidades chilenas, gerencialismo.

Abstract: This chapter examines how interculturality is conceptualized and implemented in private and public universities in Chile. It argues that addressing the challenges interculturality poses to higher education requires moving beyond conventional models. Although universities recognize its political and legal significance, the prevailing focus on quantitative metrics limits the integration of intercultural perspectives into institutional practices. Drawing on a theoretical framework centered on the tension between managerialism and interculturalidad, and using a qualitative methodology, the study reveals a persistent gap between aspirational discourse and operational realities.

It concludes by highlighting the need for ongoing critical reflection and institutional adaptation to strengthen intercultural integration amid shifting external pressures.

Keywords: interculturality, chilean universities, managerialism.

1 Universidad de Tarapacá, jlabranav@academicos.uta.cl; ORCID 0000-0003-2441-8260. Los autores agradecen el apoyo de ANID FONDECYT Regular N°1241102.

2 Universidad Católica del Norte, paulina.latorre@ucn.cl, ORCID 0000-0002-5962-9546

3 Universidad de Tarapacá, isabelaraosb@gmail.com; ORCID 0009-0004-3212-4021

Introduction

Historically, universities have functioned primarily as national institutions, deeply rooted in the cultural, social, and political landscapes of their respective countries. Inspired by the Humboldtian model of higher education, which emphasizes the unity of teaching and research within the framework of academic freedom, universities have traditionally focused on cultivating a national identity and serving the developmental needs of their nation-states (Readings, 1996; Buckner, 2016). Even within other paradigms, such as those represented by the French, English, or Latin American models of the university, a national orientation has played a pivotal role (Kwiek, 2000; Musselin, 2018; Labraña, Brunner & Álvarez, 2019). As a result, universities have been frequently instrumentalized to reinforce the sovereignty and cultural integrity of each nation-state, acting as a mechanism for developing a cohesive national identity through the promulgation of the values, narratives, and linguistic traditions underpinning national unity.

This national orientation influenced not only the curricular content but also the pedagogical approaches, research priorities, and organizational cultures of universities. However, the one self-evident nexus between national identity and university has become less convincing during the last decades. This phenomenon can be attributed to several factors. Firstly, globalization has weakened the isolation of national borders, leading to an unparalleled exchange of ideas, cultures, and people worldwide. This widespread connectivity has pressed universities to broaden their perspectives and operations beyond national boundaries, weakening the exclusive emphasis on national identity within their missions (Kwiek, 2001; Enders, 2004). Furthermore, the advent of digital technology and the internet has made knowledge more accessible to all, reducing the universities' role as exclusive guardians of national culture and intellectual traditions (Bunz, 2014; Labraña, Brunner & Puyol, 2023). Additionally, the increasing societal diversity and recognition of multicultural realities within nations have prompted a reassessment of national identity definitions, encouraging universities to adopt more inclusive organizational practices while acknowledging their limitations in this regard. (Tanaka, 2002; Lasonen, 2005).

Not surprisingly, interculturality has become an important challenge for contemporary universities. Interculturality extends beyond the mere acknowledgment of cultural diversity. It involves a proactive institutional engagement in understanding, integrating, and valuing different cultural perspectives, which is essential for the development of professionals who are not only skilled but also culturally sensitive and socially responsible (Otten, 2003; Aguado & Malik, 2009; Deardorff & Arasaratnam-Smith, 2017). In this context, universities are forced to implement substantial changes to incorporate these values into their core operations. At the organizational level, this necessitates a transformative approach to strategic planning, curriculum design, pedagogy, and research policy, that fosters an environment of mutual respect and open dialogue among

all faculty populations, while at the cultural level, it entails the cultivation of a campus ethos that encourages empathy, cross-cultural understanding, collaboration and the recognition of the importance of global interdependencies (Crichton & Scarino, 2007; Leask, 2015; Reid & Garson, 2017).

This concept holds global relevance yet manifests with distinct nuances in Latin America, especially in Chile, where it intertwines with the rapid modernization and privatization of higher education. Since the 1980s, Chile has undergone a series of neoliberal reforms designed to diminish the state's influence and foster competition among institutions, leading to a highly competitive higher education system. Despite recent efforts to counteract this trend through enhanced state oversight, the outcome has been the consolidation of a highly regulated system that operates alongside market-driven principles established by earlier reforms.

Within this context, Chilean universities, particularly the 18 public institutions, are assigned a pivotal role in responding to the specific needs of their respective communities. This mandate is explicitly outlined in Chilean Law No. 21.094, which obliges all state universities to assist the state and contribute to the satisfaction of societal needs. Particularly, these institutions are required to implement plans, programs, and policies aimed at fostering cultural, social, territorial, artistic, scientific, technological, economic, and sustainable development across the entire nation.

Specifically, regarding interculturality, Chilean state universities are tasked with ensuring their contributions toward the formation of professionals who are not only critically and thoughtfully minded but also advocates of rational dialogue and tolerance. Consequently, these institutions are called upon to play a crucial role in shaping citizenship grounded in ethical, democratic, and civic values, alongside social solidarity. This includes an acknowledgment of the various cultures of indigenous peoples residing within the country, as well as a commitment to environmental stewardships. Such efforts underscore the principles of the expected intercultural ethos to be developed within Chilean state universities.

Interculturality in higher education amid managerialism

Interculturality has consolidated during the last decades as a new demand for higher education institutions. Since the turn of the century, the global landscape of higher education has been increasingly characterized by a push toward embracing diversity and fostering cross-cultural understanding. This shift is driven by the recognition that in a globalized world, professionals must be equipped with the ability to navigate and contribute to diverse cultural settings. Consequently, universities should integrate intercultural competencies into their curricula, promoting an academic environment that values diverse perspectives and explicitly encourages intercultural dialogue (Welikala & Watkins, 2008; Sommer, Roiha & Lahti, 2022).

Nevertheless, interculturality is by no means a straightforward concept (Aguado & Malik, 2009). Some authors highlight its dimension of deep, mutual engagement and learning, emphasizing the need for an active and respectful exchange of cultural perspectives (Ippolito, 2007; Gube 2023). In contrast, others focus on the challenges of power imbalances and the critical interrogation of cultural norms and assumptions that interculturality must address to foster genuine understanding and equity (Ghazarian & Youhne, 2015; Dietz, 2017). All in all, these definitions point out the complexity of interculturality, underlining that it is not merely about the coexistence of diverse cultures but involves a dynamic process of deep interaction, negotiation, and transformation.

This complexity means that interculturality is not an easy task for universities. It encompasses far more than incorporating international elements into the curriculum or facilitating student exchanges. Instead, it requires a profound institutional transformation toward creating a culture that not only acknowledges but actively engages with and values diversity in all its forms. Such transformation necessitates profound changes at the strategic planning level, permeating every facet of the institution, from governance structures and policy formulations to resource allocation and community engagement policies, ensuring that they are integrated into the core mission and vision of the university. Thus, for interculturality to work, so the consensus of the specialized literature, it should include developing policies that support the recruitment and retention of a diverse faculty and student body, revising curriculum and teaching methods to reflect intercultural competencies, and creating spaces that intentionally foster meaningful cross-cultural interactions (Gregersen-Hermans, 2017; López-Rocha, 2021).

This process of transformation is not without its inconveniences. As different studies have pointed out, efforts to implement interculturality within universities often encounter various challenges. These include resistance to change among faculty and administration, the challenges of modifying entrenched curricular and pedagogical practices, and the difficulty of measuring the effectiveness of intercultural initiatives (Jokikokko, 2021).

Additionally, achieving a genuine representation and inclusion of diverse cultural perspectives can be hampered by structural inequalities within the institution. The financial implications of such comprehensive changes also pose a significant challenge, particularly for institutions with limited resources. Furthermore, there is the critical issue of ensuring that intercultural engagements go beyond superficial interactions to foster meaningful and transformative experiences for all university members, especially among all students (Schmelkes, 2009; Aba, 2016).

Externally, the political economy significantly impacts higher education institutions' capacity to embrace and implement intercultural principles. Academic capitalism, with its emphasis on quantification and metrics, poses a significant threat to the depth and authenticity of interculturality within higher education (Slaughter & Leslie, 1997;

Slaughter & Rhoades, 2004). The pressure to quantify achievements and outcomes easily leads to a narrowing of the concept of interculturality, reducing it to mere numerical indicators or benchmarks that fail to capture the essence of true cultural engagement and understanding. This reductionist approach overlooks the nuanced, transformative experiences that intercultural learning should foster, instead prioritizing easily measurable outcomes over cultural exchange (Jiang, 2011; Collins, 2017; Killick, 2018). As a result, the association between managerialism and interculturality often results in a reductionist understanding of the latter. Managerialism, understood in the educational context as the adoption of management practices and values from the corporate sector into the governance of universities—emphasizing efficiency, accountability, and performance measurement—tends to prioritize quantifiable indicators of intercultural engagement, such as international student numbers or participation in exchange programs, over the substantive and transformative aspects of intercultural learning (Deem, 1998, 2001; Gyamera & Burke, 2018; Chakravarty, Good & Gasser, 2020). This alignment creates tensions between the need for meaningful intercultural dialogue and the managerial imperative to produce measurable outcomes, which risks turning interculturality into a performative exercise rather than a genuine process of mutual understanding and respect. The growing emphasis on accountability and competition within higher education systems further exacerbates this issue, as universities are increasingly driven to demonstrate their success in fostering diversity through simplistic, data-driven frameworks that fail to address the deeper cultural dimensions involved.

These tensions underscore the inherent contradictions in attempting to reconcile interculturality with the managerial ethos that dominates contemporary higher education. While managerialism pushes for standardized models of success and performance, interculturality, in its true sense, requires flexibility, openness, and a critical interrogation of existing power structures (Shore & Wright, 2015; Bleiklie & Kogan, 2007). Universities, therefore, face the challenge of navigating these conflicting demands, as the pressure to conform to managerial metrics often undermines efforts to cultivate a truly inclusive and interculturally competent academic environment. This dilemma highlights a broader issue for universities, particularly those operating within a regime of academic capitalism: how to balance the market-driven, managerial demands with the imperative to cultivate deep, meaningful intercultural engagements that transcend superficial tokenism.

Interculturality in Chilean universities

Chilean universities exemplify the risks associated with academic capitalism, where market-driven imperatives often clash with educational missions. The commodification of higher education in Chile has led to a system increasingly focused on profitability, efficiency, and measurable outcomes. This focus has pressured universities to adopt managerial practices emphasizing financial sustainability and competitiveness,

frequently marginalizing less commercially viable academic areas (Brunner, 2015; Brunner et al., 2021; Labraña et al., 2023; Labraña, Matus & Puyol, 2024).

The transition to democracy in Chile did not immediately reverse the neoliberal reforms instituted during the dictatorship (Labraña & Vanderstraeten, 2020). Although there were efforts to increase state support and oversight, the core principles of the market-driven model largely persisted. This has resulted in a higher education landscape where both public and private universities operate under a system prioritizing competition and financial autonomy over values such as interculturality. Consequently, efficiency, profitability, student choice, and competitiveness have become central tenets of Chilean higher education.

These developments sparked significant criticism, notably through the extensive student-led movements of 2011 advocating for comprehensive educational reforms. These protests led to a series of sectoral reforms in 2018, addressing issues of access, funding, and quality in Chilean higher education (Bellei, Cabalin & Orellana, 2014). The 2018 reforms included increased state funding for public universities, enhanced financial support for students from socio-economically disadvantaged backgrounds, and strengthened state oversight and regulation of both public and private institutions. Despite these efforts to address systemic inequalities, the reforms have inadvertently led to a highly regulated system that coexists with the market-driven principles established by previous reforms. This complex interplay between regulatory measures and market mechanisms has created an intricate educational landscape where Chilean universities must deal with tensions between stringent regulatory frameworks, metric-oriented policies, a competitive environment and the need to thoughtfully address intercultural principles.

In this context, integrating interculturality presents a significant challenge. The literature on interculturality in Chilean universities has primarily focused on student experiences (Durán Pérez, Catrquir Colipan & Berho Castillo, 2011; Abarzúa, Barró & Blanco, 2011; Williamson & Navarrete, 2014; Villarroel et al., 2014). While these insights are crucial for understanding the impact of intercultural initiatives, there is a notable gap in examining how systemic changes are being implemented within these organizations (Sommier, Roiha & Lahti, 2022).

Addressing this gap is particularly relevant. Effective approaches to interculturality in universities should encompass comprehensive strategies, including curriculum development, faculty training, and the creation of inclusive spaces, alongside mechanisms for monitoring and evaluating progress. For instance, initiatives such as incorporating intercultural competencies into graduation profiles, establishing specialized support units for Indigenous or migrant students, and developing collaborative research projects with local communities, as highlighted by previous studies (Rhoads & Szelényi, 2011; Aman, 2017), represent concrete organizational

practices that move beyond rhetorical commitments. By broadening research and implementation strategies to include these organizational dimensions amid managerialism, Chilean universities can better address the complexities of integrating interculturality into their core operations, ensuring that these efforts reflect a genuine institutional commitment to diversity rather than superficial adjustments.

Methodology

To examine how chilean universities incorporate interculturality, we analyzed publicly available institutional documents from 45 universities, including both traditional public universities and private institutions of varying sizes, located across different regions of the country. The selection aimed to ensure institutional and regional representativeness, capturing a broad spectrum of approaches to intercultural integration. Inclusion criteria required that institutions had recognized admission processes and made available key documents relevant to strategic planning and self-assessment, such as strategic plans, development policies, and accreditation self-studies. The availability of such documents was essential to ensure a consistent basis for comparative analysis. This sampling strategy allowed for a comprehensive view of how different types of universities integrate interculturality into their organizational frameworks (table 1).

Table 1: Characterization of chilean universities

Universities	Region	Size	Complexity
6	North	11.700-7.100 students	Advanced- excellence
25	Centre	64.000-4.000 students	Basic-excellence
14	South	600-28.000 students	Basic- excellence

Note: Own elaboration based on official statistics. Region describes the geographical location of each university according to the administrative divisions of Chile. Size considers the total student enrollment reported by each institution. Complexity refers to the institutional classification based on the accreditation level, including undergraduate and postgraduate programs, and research activities. Basic level of accreditation equals 3 years, advanced 4-5 years, excellence 6-7.

The selection criterion emphasized the importance of including documents crucial for strategic planning and institutional self-assessment (Ramirez & Latorre, 2022; Labraña, Matus & Puyol, 2024). The documents reviewed, which included mission and vision statements, institutional values and principles, educational models, intercultural programs, strategic plans and intercultural policies, were selected for their relevance within chilean universities, as strategic planning is a critical tool for institutional evaluation and accountability in Chile (Ramirez & Latorre, 2022; Labraña, Matus & Puyol, 2024).

We employed discourse analysis as our primary method for analyzing these documents. This approach is particularly effective for understanding how language constructs institutional identities and social realities, making it ideal for analyzing how interculturality is framed within the context of Chilean state universities (Gee, 2014). Discourse analysis enables us to uncover the underlying values and power dynamics reflected in institutional documents and communications. Specifically, our analysis addressed the following questions: What elements of interculturality are present in Chilean universities? What are the goals of interculturality in these institutions? How is interculturality implemented within them? To mitigate potential researcher bias inherent in interpretative approaches, the analysis incorporated systematic coding procedures and peer debriefing, ensuring that interpretations remained grounded in the data and enhancing the credibility of the findings.

The coding process followed an inductive approach. Initially, we conducted preliminary coding to identify and highlight key themes and concepts related to interculturality, such as connections with indigenous studies, multicultural relations, and diversity policies (Braun & Clarke, 2006). This was followed by focused coding, where we refined these themes into specific categories to reveal core areas of intercultural integration. Thematic analysis was then used to assess how these themes align with institutional pressures and market-oriented imperatives prevalent in Chilean higher education and managerial governance (Saldaña, 2016). To enhance the reliability of the coding process, categories were reviewed through peer debriefing and cross-validation among the research team, ensuring consistency in thematic interpretations and minimizing individual biases. Patterns were identified based on the recurrence of intercultural references across strategic documents, their positioning within institutional priorities, and their articulation with performance indicators and funding mechanisms, which served as proxies for the influence of managerial imperatives. This inductive approach ensures a comprehensive and unbiased examination of the data.

Findings

Mission and vision statements

In recent years, universities in Chile have gradually started to incorporate intercultural elements into their operations, though this incorporation often remains largely declarative. An examination of 45 Chilean universities reveals that while a substantial portion of these institutions have adopted intercultural themes, the extent and depth of their integration vary significantly. Specifically, 64% (29) of these universities do not include intercultural elements in their mission or vision statements. In contrast, 36% (16) of the universities have made some effort to incorporate intercultural considerations into their foundational documents.

In the cases where interculturality is explicitly recognized, the commitment can range from broad acknowledgments to specific, targeted initiatives. For instance, a leading

state university located in northern Chile explicitly integrates interculturality into its mission statement by acknowledging the "cosmovision of its original peoples" and supporting the "conservation of Chinchorro Culture." This explicit recognition signifies a deliberate effort to embed intercultural values into the institutional ethos. Similarly, a private university in the southern region of Chile articulates its intercultural commitment by emphasizing its dialogue with "the diversity of knowledge and cultures, from the same territory of rich ancestral sap that saw its birth." This statement reflects a deep-rooted acknowledgment of local cultural heritage and diversity.

However, in most cases interculturality may be inferred from the broader goals articulated in mission and vision statements, even when it is not explicitly mentioned. For example, a state university situated in the central region of Chile describes its role in "contributing to the development of cultural patrimony and national identity," which implicitly suggests an engagement with intercultural values. Likewise, another state university in the northern region emphasizes its commitment to training professionals capable of contributing to their regions from a "transdisciplinary, plurinational, inclusive, non-sexist, sustainable, and innovative perspective." Although the term "interculturality" is not used directly in these mission and vision statements, the inclusive language reflects an underlying commitment to intercultural principles.

Table 2 provides a detailed breakdown of how interculturality is reflected in the mission and vision statements across different regions of Chile:

Table 2: Interculturality in mission and vision statements of Chilean universities

Region	Key elements and approaches
North	Cross-border integration; commitment to indigenous peoples; recognition and preservation of cultural heritage; policies promoting cultural, social, and territorial development with an intercultural perspective.
Centre	Contribution to national cultural heritage and identity; plurinational perspective; diversity and social inclusion; respect for pluralism; promoting social integration.
South	Sense of social equity; recognition and promotion of indigenous worldviews; intercultural relationships with the Mapuche people; dialogue with diverse knowledge and cultures.

Institutional values and principles

The institutional values and principles most frequently emphasized include pluralism, respect for diversity, inclusion, and equity. For instance, a state university in the central region of Chile articulates its principles as follows: "Diversity and pluralism: ...we value different personal and cultural identities as part of a plural and diverse society." Similarly, several state universities in the northern part of the country highlight "pluralism" as a core principle or institutional value.

Additionally, we identified various principles and values explicitly associated with a commitment to interculturality. These include personal and cultural identities, intercultural relations, cultural diversity, plurality of cultures, social justice (particularly concerning indigenous peoples), non-discrimination, and the valuing of diversity.

Table 3. Interculturality in institutional values and principles

Type of university		Frequency	Percentage
State	No	4	22,2
	Yes	14	77,8
	Total	18	100,0
Private	No	19	73,1
	Yes	7	26,9
	Total	26	100,0

As illustrated in the preceding table, most universities incorporating interculturality into their institutional values and principles are state universities. For example, a state institution in the north of Chile states: “The University is situated in regions with high cultural diversity and valuable tangible and intangible heritage.” Similarly, a state university in the south notes: “Given its location in a region where various cultures converge, the university will foster intercultural relations with the Mapuche population and other indigenous peoples.” Values associated with interculturality include diversity, pluralism, democracy, equity, empathy, and respect.

Intercultural elements are also present in private universities, though to a lesser extent. For instance, a private institution in the central region of Chile declares in its values: “Respect: The respect for and active defense and promotion of human rights, interculturality, and social justice as fundamental imperatives for democratic coexistence.” Another private institution in the south emphasizes: “Respect for Diversity: This involves recognizing and promoting diversity and pluralism as values that encourage fraternal coexistence, equity in its various forms, and inclusion.” Common values related to interculturality across both public and private institutions include respect, appreciation for diversity, human dignity, liberty, equity, inclusion, and social responsibility.

Educational models

Regarding educational models, the evidence reveals that few universities incorporate interculturality into their educational model. The formative content related to

interculturality is diverse, encompassing indigenous studies, multicultural studies, and global citizenship. Indigenous studies and territorial connections include topics such as indigenous heritage, indigenous peoples and quality of life, environmental studies, indigenous perspectives on nature and society, education and indigenous peoples, religiosity and rituality, Aymara language, and territorial commitment from an intercultural perspective.

Among those institutions that acknowledge the importance of interculturality in their educational models, they primarily adopt a multicultural focus addressing recognition, understanding, and appreciation of diversity. They also emphasize both theoretical and practical knowledge in intercultural dialogue and justice. Additionally, some models include courses on migration studies and Afro-descendent cultures. Intercultural communication, learning a second language, and effective intercultural communication skills are integral to these models.

Our analysis also identified educational models that align closely with the concept of Global Citizenship, particularly in the centre region. These models aim to enhance individuals' understanding of their own cultural identities as well as those of others. They promote active participation in the global society, encouraging collaborative approaches to generating knowledge and addressing global challenges.

Table 4. Intercultural elements frequent in chilean universities' educational models

Region		Frequency	Percentage
North	No	5	83,3
	Yes	1	16,7
	Total	6	100,0
Centre	No	16	72,7
	Yes	6	27,3
	Total	22	100,0
South	No	10	62,5
	Yes	6	37,5
	Total	16	100,0

As shown in Table 4, the incorporation of intercultural elements into educational models varies significantly across regions. In the northern region, only a small fraction of universities (16.7%) integrates interculturality into their educational models, while in the central region, 27.3% of universities include such elements. The southern region exhibits a similar trend to the central region, with 37.5% of universities incorporating interculturality. This variability reflects the diverse ways in which universities engage with

interculturality in their educational approaches. The northern region's limited integration may be attributed to a narrower focus on specific local issues or other institutional priorities. In contrast, the central and southern regions demonstrate a greater inclination towards including intercultural perspectives, possibly due to a stronger emphasis on broader social and global contexts.

Strategic plans

Strategic planning is an essential assessment tool for Chilean universities, as higher education institutions are required to show proof of the establishment and compliance of strategic objectives and priorities stated in their institutional plans. Only a small percentage of universities incorporate interculturality in their strategic plans, hence demonstrating that few universities project interculturality in the short, medium, and long term.

Even among the institutions that include interculturality in their strategic plans, only a few articulate specific and strategic objectives related to what they aim to achieve. For instance, a state university in the central region outlines a comprehensive plan to enhance internationalization by integrating an intercultural dimension across various sectors: undergraduate and postgraduate programs, outreach initiatives, and research activities. This plan also emphasizes strengthening the specialization and interculturality of students and staff through enhanced international mobility. Conversely, another state university in the southern region sets a medium-term goal to establish a dedicated unit responsible for promoting and leading effective and respectful intercultural relations within the institution.

Table 5. Interculturality in strategic plans

Region		Frequency	Percentage
Centre	No	18	81,8
	Yes	4	18,2
	Total	22	100,0
North	No	4	66,7
	Yes	2	33,3
	Total	6	100,0
South	No	11	68,8
	Yes	5	31,3
	Total	16	100,0

Table 5 shows that the incorporation of interculturality into strategic plans varies across different regions in Chile. In the central region, only 18.2% of universities include interculturality in their strategic plans, indicating a relatively low level of commitment to integrating these principles into long-term strategic objectives. Similarly, in the northern and southern regions, the inclusion rates are 33.3% and 31.3%, respectively, which are somewhat higher but still reveal that a significant number of institutions do not prioritize interculturality in their strategic planning. The lack of comprehensive integration of interculturality in strategic plans underscores a broader issue of limited long-term commitment to this dimension within Chilean universities. While some institutions have made notable efforts to incorporate intercultural objectives, these cases remain exceptions rather than the norm.

Intercultural policies

In relation to the integration of intercultural policies, only four state universities explicitly include this dimension in their regulations. Among these, only two directly address it as a policy for indigenous or native peoples, while the others integrate interculturality indirectly through gender and inclusion policies. A similar pattern is observed in private universities, where intercultural considerations are evident in eight regulatory instruments, typically intertwined with policies on inclusion, environmental engagement, and internationalization.

Similarly, the organizational structures through which universities have chosen to implement intercultural actions and/or programs exhibit significant heterogeneity. We identified 11 initiatives: two within state universities and nine in private institutions. These initiatives vary widely, encompassing areas such as intercultural programs, support programs, laboratories, specialized centers, research centers, and thematic institutes. Notably, some of these initiatives are beginning to address the realities of migration.

Table 6. Intercultural policies in Chilean universities

Type of University		Frequency	Percentage
State	No	14	77,8
	Yes	4	22,2
	Total	18	100,0
Private	No	19	70,4
	Yes	8	29,6
	Total	27	100,0

As may be seen in table 6, the integration of intercultural policies into Chilean universities remains limited, particularly within state universities, where only 22.2% (four out of 18) have explicitly included intercultural policies in their regulatory frameworks. Even among these universities, only two have developed policies specifically targeting indigenous or native peoples, while the others approach interculturality more indirectly, often through gender and inclusion frameworks. This suggests that while there is some recognition of the importance of interculturality, its direct institutionalization remains insufficient. Private universities demonstrate a slightly higher inclusion rate, with 29.6% (eight out of 27) incorporating intercultural elements into their regulations. However, similar to state institutions, these policies are typically embedded within broader frameworks of inclusion, environmental sustainability, or internationalization, rather than standing as independent intercultural policies.

Intercultural programs

The best practices identified primarily involve training programs conducted in native languages, which serve as platforms for cultural revitalization, often integrated into extracurricular activities. Notably, state and public universities in Chile provide exemplary models in this area, offering training plans and linguistic certification. These programs excel in integrating indigenous worldviews through initiatives such as dialogues and multicultural gatherings, which facilitate reflection, experience exchange, and coexistence. Additionally, these institutions engage in international student exchanges that significantly enhance intercultural competencies.

Several state universities host intercultural programs designed as forums for the exchange of knowledge and life experiences among diverse native cultures. They also establish Equity and Inclusion offices to support and guide indigenous and migrant students in their identity development. Furthermore, at least one institution has created a commission dedicated to ensuring respect for diverse identities and cultures.

Table 7. Interculturality in programs

Region		Frequency	Percentage
Centre	No	12	54,5
	Yes	10	45,5
	Total	22	100,0
North	No	5	83,3
	Yes	1	16,7
	Total	6	100,0
South	No	8	50,0
	Yes	8	50,0
	Total	16	100,0

Two state universities, one in the central region and the other in the southern part of Chile, have developed internationalization offices focusing on intercultural programs with a global perspective. These programs aim to promote sustainable

development goals and intercultural education in alignment with UNESCO's policies. These universities also house centers dedicated to developing intercultural competencies, with a focus on communication skills and language proficiency. Despite these advancements, a significant percentage of institutions across the country lack any intercultural programs.

As seen in table 7, the integration of interculturality into university programs varies significantly across regions. In the central region, 45.5% of universities incorporate intercultural elements into their programs, while the northern region lags considerably, with only 16.7% of institutions doing so. The southern region shows a more balanced distribution, with half of the universities including intercultural programs. These regional disparities highlight the uneven development of intercultural initiatives across Chilean universities. The relatively high presence of intercultural programs in the central and southern regions can be attributed to their more diverse populations and stronger institutional commitments to inclusion and equity. In contrast, the northern region's low representation in these efforts may reflect a narrower focus on local development issues or a slower institutional response to global pressures for intercultural integration.

Discussion

How can we explain the predominantly declarative adoption of interculturality by Chilean universities? Our analysis suggests that this outcome is driven by two interrelated factors. Firstly, the Chilean regime of academic capitalism and the extended adoption of managerialism at the organizational level employs extensive measurement tools linked to state funding allocations. These tools prioritize quantitative metrics, which universities must meet to secure financial support. Consequently, institutions are incentivized to include intercultural themes in their strategic plans primarily to achieve favorable external assessments and obtain funding. This focus on managerial metrics encourages universities to superficially acknowledge interculturality, often relegating it to a nominal role without substantial integration into their core activities (Brunner et al., 2021; Labraña, Vanderstraeten & Puyol, 2025).

Secondly, these measurement instruments apply uniformly to both public and private institutions. Facing similar financial and regulatory pressures, both types of institutions tend to adopt intercultural policies that may be superficial and fail to drive significant structural changes within the organizations. This issue is particularly pronounced in state universities, which face stronger expectations to lead in societal integration and cultural representation. However, the managerial focus on standardized assessment criteria means that state universities may miss opportunities to deeply embed intercultural values in alignment with their public service mandates, thereby undermining the effectiveness of intercultural initiatives in the public higher education sector.

This situation underscores a crucial development: while the formal recognition of interculturality within Chilean universities represents a significant policy shift and

aligns with broader societal acknowledgments of multicultural realities, it is insufficient if not translated into concrete policies, programs, and practices. The prevailing managerialism in higher education often prioritizes measurable outcomes over meaningful engagement, which risks reducing interculturality to a superficial gesture rather than a transformative force.

Our analysis reveals a clear paradox: although institutionalization is necessary for interculturality, it should not be its sole focus. True interculturality extends beyond formal declarations and policies; it requires thorough integration of intercultural perspectives across all aspects of university life. The managerial emphasis on metrics and efficiency must be balanced with a genuine commitment to intercultural values. For Chilean universities, this dynamic aspect of interculturality demands not only the implementation of policies but also a continuous reassessment of these policies in response to evolving cultural contexts and community needs. This approach ensures that interculturality is not merely a compliance measure but a substantive element of institutional transformation.

Conclusions

Interculturality remains a significant challenge for Chilean universities, often implemented more as a declarative process rather than an integrated practice. The concept of interculturality lacks national conceptual clarity, though our study identified its connections with indigenous studies, multicultural relations, language studies, migration, and territorial contexts. In the northern and southern regions, the term is more strongly associated with native peoples and cultural heritage, reflecting the institutions' geographical and cultural ties. In contrast, central universities align interculturality with pluralism, respect, and social integration.

Our findings highlight a strong correlation between intercultural initiatives and legal mandates imposed on public universities. While these mandates have increased the visibility of interculturality, the progress remains initial. To ensure interculturality permeates all institutional activities, a deeper integration into teaching, research, and community engagement is essential.

A notable trend is the concentration of intercultural guidelines on students, with less focus on faculty and administrators, except in institutions where intercultural training is a central feature. This highlights a gap in engaging the broader university community, including administrative staff, in intercultural policies. Addressing this gap is critical for developing comprehensive actions that reflect diverse perspectives within university life. Moreover, the rise of managerialism in Chilean universities—emphasizing market-driven imperatives such as efficiency, profitability, and competitiveness—poses a significant tension with the goals of interculturality. Managerialism often prioritizes quantifiable outcomes and financial sustainability, potentially marginalizing less commercially viable aspects like intercultural initiatives. This tension is evident as

Chilean universities strive to integrate intercultural practices within a framework that predominantly prioritizes market-oriented outcomes.

Despite advancements in integrating intercultural elements into admission processes, training plans, and student coexistence initiatives, there is a need for these efforts to be more strategically aligned with institutional goals. The managerial focus on efficiency and profitability often conflicts with the broader, more holistic objectives of intercultural engagement.

In research, specialized centers focusing on native languages, cultural practices, and sustainability represent progress, yet the design of intercultural policies often continues to reflect historical inequities. This includes a persistent modern colonial mindset that fails to fully engage with alternative knowledge systems and ancestral perspectives. As Sartorello (2024) notes, a critical approach to multiculturalism is necessary to address welfare-based and paternalistic measures.

Ultimately, interculturality offers an opportunity for situated learning through cultural exchange and interaction, fostering the development of intercultural competencies. However, universities must navigate the tension between managerialism and intercultural goals, ensuring that their commitment to diversity is not merely symbolic but integral to their institutional practices and strategic planning. At the bare minimum, future developments should include the incorporation of interculturality indicators into institutional evaluation and accreditation systems, allowing Chilean universities to measure not only participation rates but also the substantive integration of intercultural principles into curricula, governance structures, and community engagement activities.

Examples of such indicators could include the proportion of academic programs that integrate intercultural content across the curriculum; the percentage of faculty and administrative staff participating in intercultural training; the number and quality of community engagement projects developed in collaboration with Indigenous or migrant communities; the existence of governance units dedicated to intercultural affairs; student perceptions of intercultural inclusion; the promotion of research incorporating non-hegemonic knowledge systems; the degree of implementation of institutional intercultural policies; and the availability of multilingual communication services, particularly in Indigenous languages. Such indicators could provide a concrete mechanism to strengthen the institutionalization of interculturality beyond declarative commitments. Advancing in this direction would contribute to embedding interculturality as a constitutive dimension of university development in Chilean higher education, rather than treating it as an ancillary or peripheral concern.

References

- Aguado, T., & Malik, B. (2009). Intercultural education in higher education: challenges and opportunities. *Intercultural Education*, 20(3), 201–202.
- Aman, R. (2017). Colonial Differences in Intercultural Education: On Interculturality in the Andes and the Decolonization of Intercultural Dialogue. *Comparative Education Review*, 61(51).
- Barringer, S.N., Leahey, E. & Salazar, K. (2020), What catalyzes research universities to commit to interdisciplinary research? *Research in Higher Education*, 61(6), 679-705
- Bellei, C., Cabalin, C., & Orellana, V. (2014). The 2011 Chilean student movement against neoliberal educational policies. *Studies in Higher Education*, 39(3), 426–440. <https://doi.org/10.1080/03075079.2014.896179>
- Bill, R. (1996). *The University in Ruins*. Harvard University Press.
- Blair-Loy, M., Wharton, A. S., & Goodstein, J. (2011). Exploring the relationship between mission statements and work-life practices in organizations. *Organization Studies*, 32, 427–450.
- Brunner, J. J. (2015). Medio siglo de transformaciones de la educación superior chilena: Un estado del arte. In A. Bernasconi (Ed.), *La educación superior de Chile: transformación, desarrollo y crisis* (pp. 21–108). Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Brunner, J. J., Labraña, J., Rodríguez-Ponce, E., & Ganga, F. (2021). Varieties of academic capitalism: A conceptual framework of analysis. *Education Policy Analysis Archives*, 29(35). <https://doi.org/10.14507/epaa.29.6245>
- Buckner, E. (2016). The changing discourse on higher education and the nation-state, 1960–2010. *Higher Education*, 74, 473-489.
- Bunz, M. (2014). *The Silent Revolution. How Digitalization Transforms Knowledge, Work, Journalism and Politics without Making Too Much Noise*. Palgrave Pivot.
- Collins, H. (2017). Interculturality from above and below: navigating uneven discourses in a neoliberal university system. *Language and Intercultural Communication*, 18(2), 167–183. <https://doi.org/10.1080/14708477.2017.1354867>
- Coronel Tello, A. E., Carbajal Bernal, T. J. A., Llamaza Velasquez, D., & Reyes Blácido, I. (2021). Planificación estratégica. Caso de estudio educativo Universidad Federico Villarreal. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(3), 1-22.
- Crichton, J. & Scarino, A. (2007). How are we to understand the 'intercultural dimension'? An examination of the intercultural dimension of internationalisation in the context of higher education in Australia. *Australian Review of Applied Linguistics*, 30(1), 1-21.
- Deardorff, D. Arasaratnam-Smith, L. (2017). *Intercultural Competence in Higher Education. International Approaches, Assessment and Application*. Routledge.
- Deem, R. (1998). 'New Managerialism' and Higher Education: The Management of Performances and Cultures in Universities in the United Kingdom. *International*

- Studies in Sociology of Education, 8(1), 47–70.
- Deem, R. (2001). Globalisation, New Managerialism, Academic Capitalism and Entrepreneurialism in Universities: Is the local dimension still important? *Comparative Education*, 37(1), 7–20. <https://doi.org/10.1080/03050060020020408>
- Dietz, G. (2017). Interculturalidad: una aproximación antropológica. *Perfiles Educativos*, XXXIX (156), 192-207.
- Ghazarian, P. G., & Youhne, M. S. (2015). Exploring Intercultural Pedagogy: Evidence From International Faculty in South Korean Higher Education. *Journal of Studies in International Education*, 19(5), 476-490.
- Gregersen-Hermans, J. (2017). Intercultural Competence Development in Higher Education. In *Intercultural Competence in Higher Education*. In D. Deardorff and L. Arasaratnam-Smith (Eds.), *International Approaches, Assessment and Application*. Routledge.
- Gube, J. (2023). Origins, Concepts, and Trends in Intercultural Education. In *Oxford Research Encyclopedias. Education*. Oxford University Press.
- Hamidifar, F., Yusoff, K., & Ebrahimi, M. (2023). Leadership and management in the internationalization of higher education. *Research and Planning in Higher Education*, 23(1), 49-71.
- Ippolito, K. (2007). Promoting intercultural learning in a multicultural university: ideals and realities. *Teaching in Higher Education*, 12(5–6), 749–763.
- James, M.A. & Derrick, G.E. (2020). When “culture trumps strategy”: higher education institutional strategic plans and their influence on international student recruitment practice. *Higher Education*, 79, 569–588.
- Jokikokko, K. (2021). Challenges and possibilities for creating genuinely intercultural higher education learning communities. *Journal of Praxis in Higher Education*, 3(2), 26-51.
- Killick, D. (2018). Critical Intercultural Practice: Learning in and for a Multicultural Globalizing World. *Journal of International Students*, 8(3), 1422-1439.
- Kumar, P., Shukla, B. & Passey, D. (2020). Impact of Accreditation on Quality and Excellence of Higher Education Institutions. *Revista Investigación Operacional*, 41(2), 151-167.
- Kwiek, M. (2000). The Nation-State, Globalisation and the Modern Institution of the University. *Theoria: A Journal of Social and Political Theory*, Trust, Dem(96), 74–98.
- Labraña, J., & Vanderstraeten, R. (2020). Functional differentiation and university expansion in Chile. *HSE-SOCIAL AND EDUCATION HISTORY*, 9(3), 252–277. <https://doi.org/10.17583/hse.2020.4565>
- Labraña, J., Brunner, J. J., & Álvarez, J. (2019). Entre el centro cultural y la periferia organizacional: La educación superior en América Latina desde la teoría de sistemas-mundo de Wallerstein. *Estudios Públicos*, 156, 130–141.
- Labraña, J., Brunner, J.J. & Puyol, F. (2023). La universidad reflexiva en tiempos de crisis. *Revista Mad*, 49, 31-43.

- Labraña, J., Vanderstraeten, R., & Puyol, F. (2025). Nation-building and mass education in Chile: the rationales behind the expansion of education in Chile, 1810–1920. *International Studies in Sociology of Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/09620214.2025.2461718>
- Lasonen, J. (2005). Reflections on Interculturality in Relation to Education and Work. *Higher Education Policy*, 18(4), 397-407.
- Leask, B. (2015). *Internationalizing the Curriculum*. Routledge.
- López-Rocha, S. (2021). Intercultural communicative competence: Creating awareness and promoting skills in the language classroom. In C. Gorla, O. Speicher, & S. Stollhans (Eds.), *Innovative language teaching and learning at university: Enhancing participation and collaboration* (pp. 105-111). Research publishing.
- Morphew, C.C., Fumasoli, T. & Stensaker, B. (2018), Changing missions? How the strategic plans of research intensive universities in Northern Europe and North America balance competing identities. *Studies in Higher Education*, 43(6). 1074-1088.
- Musselin, C. (2018). New forms of competition in higher education. *Socio-Economic Review*, 16(3), 657–683.
- Otten, M. (2003). Intercultural Learning and Diversity in Higher Education. *Journal of Studies in International Education*, 7(1), 12-26.
- Ramirez-Valdivia, M. T., & Latorre, P. (2022). The influence of national quality assurance policies on institutional planning for internationalization processes of Chilean universities. *Quality Assurance in Education*, 30(3), 387–400.
- Reda, N.W. (2017), Balanced scorecard in higher education institutions, *Quality Assurance in Education*, 25(4), 489-499.
- Reid, R., & Garson, K. (2017). Rethinking Multicultural Group Work as Intercultural Learning. *Journal of Studies in International Education*, 21(3), 195-212.
- Rhoads, R. A., & Szelényi, K. (2011). *Global citizenship and the university: Advancing social life and relations in an interdependent world*. Stanford University Press.
- Sartorello, S. C., Gómez Álvarez, M., Santana Colín, Y. y Guajardo Rodríguez, C. (2024). Experiencias educativas de estudiantes indígenas en una universidad privada de México. *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, 62, e1578.
- Slaughter, S., & Leslie, L. L. (1997). *Academic capitalism: Politics, policies, and the entrepreneurial university*. Johns Hopkins University Press.
- Slaughter, S., & Rhoades, G. (2004). *Academic capitalism and the new economy: Markets, state, and higher education*. Johns Hopkins University Press.
- Sommier, M., Roiha, A., & Lahti, M. (2023). *Interculturality in Higher Education. Putting Critical Approaches into Practice*. Routledge.
- Swales, J., & Rogers, P. (1995). Discourse and the projection of corporate culture: The mission statement. *Discourse & Society*, 6(2), 223-242.
- Tanaka, G. (2004). Higher Education's Self-Reflexive Turn: Toward an Intercultural Theory of Student Development. *The Journal of Higher Education*, 73(2), 263-296.

Welikala, T. & Watkins, C. (2008). Improving Intercultural Learning Experiences in Higher Education: Responding to CUltural Scripts for Learning. University of London.

Competencias para potenciar la ciudadanía global: sistematización de experiencias de aprendizaje COIL con personas docentes o profesoras universitarias de México y Centroamérica

Skills to enhance global citizenship: systematization of COIL learning experiences
with university teachers and professors from Mexico and Central America

*Yamila Fernanda Silva Peralta,¹ Clarissa Edith Núñez Amador² y Mirna Janete Bulnes
Menjívar³*

Resumen: Este capítulo tiene el objetivo de explorar, bajo la metodología cualitativa, las competencias para una ciudadanía global a través de las percepciones de personas profesoras universitarias de México y Centroamérica respecto a las experiencias de aprendizaje colaborativo internacional en línea (COIL). Para ello se analizó el contenido de las respuestas de las personas profesoras en un cuestionario semi-estructurado de evaluación final que fue administrado al culminar el taller titulado: *Profesores DAAD Alumni multiplicando la internacionalización curricular colaborativa hacia el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), diseño de propuestas con metodología COIL*. Las respuestas a los cuestionarios ponen en evidencia algunas de las competencias para una ciudadanía global de la UNESCO, entra las que destacan como las más recurrentes: el trabajo colaborativo y socialmente responsable, la empatía y apertura a nuevas experiencias y perspectivas. Por otro lado, plantean el desconocimiento de la metodología COIL y la incipiente capacitación al respecto.

Palabras clave: ciudadanía global, competencias, universidad.

Abstract: The objective of this chapter is to qualitatively explore the competencies for global citizenship through the perceptions of university professors from Mexico and Central America with respect to international online collaborative learning experiences. To this end, we analyzed the content of the professors' responses to a semi-structured

1 Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina (UNMDP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Fundación LINED Global, Red CALCA (Conecta América Latina-Caribe-Alemania), Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales. Red Iberoamericana de Investigación en Desarrollo Sostenible Organizacional (RIIDESO). yamilasilvaperalta@gmail.com ORCID 0000-0003-1917-3406

2 Especialista independiente en Educación Superior, Políticas sociales de juventud, Coaching para migrantes y estudiantes internacionales en Alemania, Red CALCA (Conecta América Latina-Caribe-Alemania), AHExA, clarissa.edith@gmail.com ORCID 0000-0003-4623-5633.

3 Universidad de El Salvador (UES), El Salvador. Red CALCA (Conecta América Latina-Caribe-Alemania), janete.bulnes@ues.edu.sv ORCID 0000-0002-5970-3611.

final evaluation questionnaire that was administered at the end of the workshop entitled: *Professors DAAD Alumni multiplying Collaborative Curricular Internationalization towards the fulfillment of the Sustainable Development Goals (SDGs), design of proposals with COIL methodology*. The responses to the questionnaires highlight some of UNESCO's competencies for global citizenship, highlighting as the most recurrent: collaborative and socially responsible work, empathy and openness to new experiences and perspectives. On the other hand, they also point out the lack of knowledge of the COIL methodology and the incipient training in this regard.

Keywords: global citizenship, skills, university.

Introducción

“Competencia global” es abrir la mente, comprender otras culturas, comunicarse y participar activamente del encuentro intercultural, fuera de la propia zona de confort, mostrar curiosidad e interés por temas y eventos mundiales (Gacel-Ávila, 2019).

Las preguntas que guían el análisis propuesto en este capítulo son: ¿cómo se vinculan la internacionalización curricular colaborativa y las competencias para una ciudadanía global? ¿Se solapan estos conceptos? ¿Se complementan?

Una de las metodologías de internacionalización curricular colaborativa más reconocida es el COIL (Collaborative Online International Learning) la cual se basa en el diseño de una clase en donde se conectan virtualmente estudiantes y personas profesoras de diferentes países para aprender, discutir y colaborar entre sí sobre un tema específico. Las personas profesoras participan en el diseño de la experiencia y las personas estudiantes en la ejecución de las actividades diseñadas. El COIL se vuelve parte de la clase, permitiendo que las personas estudiantes tengan una experiencia intercultural significativa. La planificación COIL comienza con la colaboración entre personas profesoras que desean generar aprendizajes interculturales y globales (Silva Peralta et al. 2023).

La investigación se apoya en necesidades actuales que se perciben en las instituciones de educación superior (IES) representadas por dos de las co-autoras del capítulo. Necesidades que son reforzadas en comentarios críticos formulados por personas profesoras participantes del taller titulado: *Profesores, DAAD Alumni multiplicando la internacionalización curricular colaborativa hacia el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)*.

Los modelos de internacionalización curricular y de ciudadanía global son importados a América Latina y el Caribe, las principales autorías sobre estos temas se originan y se publican desde países del norte global. Cabe preguntarse si los conceptos importados

son válidos para las necesidades de nuestra región, siendo que fueron concebidos en escenarios de aprendizaje con problemáticas y recursos claramente diferentes. El Programa de Ciudadanía Global de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2015) prevé competencias específicas que requieren abordajes sustantivos y contextualizados en la región.

Específicamente, las IES centroamericanas se caracterizan por carecer de una planificación estratégica efectivamente implementada sobre internacionalización curricular, una planificación que no quede sólo en un nivel propositivo. Si bien el Plan del Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA) está redactado y aprobado, aún es escasa su implementación; sin embargo, sí se encuentran experiencias aisladas, desvinculadas entre sí, sostenidas por esfuerzos individuales de personas profesoras que se motivan por el desarrollo de las mencionadas competencias para una ciudadanía global. Algunas de estas experiencias serán señaladas en este capítulo.

Fundamentación teórica

Educación para la Ciudadanía Global (en adelante ECG) es la primera iniciativa para la educación global emitida por Naciones Unidas en 2012; incluye, a su vez, otros dos proyectos: la Educación para la paz y la Educación para el desarrollo sustentable, aportaciones adicionales que destacan las funciones esenciales de la educación en relación con la formación de la ciudadanía global; abordando la pertinencia de los conocimientos, competencias y valores de la participación de los ciudadanos en la dimensión local y mundial. La ECG supone incentivar la conciencia a través de la comprensión de la conexión entre lo global y lo local, los cambios que implica la ciudadanía global deben partir de un profundo conocimiento y una reflexión crítica de la realidad (Gacel-Ávila, 2019).

Para González-Torres (2019), en las últimas décadas, las prácticas transformadoras sociales más prometedoras provienen del “sur”, de la “periferia” de los “márgenes”; conceptos modernos hegemonícamente occidentales se cuestionan en el marco de la lucha por la identidad comunitaria y cultural. El autor enuncia la des-occidentalización y descentralización de la globalización, y a eso llama proceso civilizador.

A continuación, se sintetizan algunos programas que enfatizan las competencias globales. El Programa de Evaluación Internacional de los Estudios (PISA) organizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2023) establece la necesidad de desarrollar capacidades amplias en las personas, que les permitan adecuarse a las situaciones cambiantes a nivel global, y relacionar conocimientos, habilidades, actitudes y valores en el mundo.

El programa Capacitación de Formadores en Competencias Digitales Ciudadanas en países de América Latina y el Caribe, basado en el marco europeo de competencias

digitales (Unión Europea, 2017) fue adaptado a Latinoamérica para trabajar con docentes en cursos virtuales con miras a desarrollar competencias informáticas, alfabetización en información y datos y competencias de comunicación y colaboración digital; todo lo cual contribuye con el trabajo en redes, la participación en comunidades digitales, la conciencia intercultural y las competencias de resolución de problemas. Este programa revela la necesidad de comunidades de aprendizaje entre docentes y la necesidad de promover competencias combinadas para la construcción de una ciudadanía más integral (Martin Cuadrado et al., 2022).

Por su lado, el quinto *Plan para la integración regional de la educación superior de Centroamérica y República Dominicana* (PIRESC V) (CSUCA, 2021) propone desarrollar el modelo educativo de las Universidades miembros del Consejo Superior Universitario Centroamericano con un enfoque internacional, intercultural y global que permita la formación de profesionales con calidad y pertinencia; este modelo se orienta al desarrollo curricular con dimensión internacional, colaboraciones conjuntas, el fomento del multilingüismo y la vinculación con contextos internacionales, tanto de docentes, estudiantes como de personal administrativo.

Desde México, Rangel-Ramírez y Rangel-García (2022) analizan resultados del curso *Pensamiento global* de la Universidad Veracruzana. Afirman que la exposición colaborativa durante la experiencia permitió a estudiantes reconocer que habilidades globales en comunicación, aprendizaje de lengua extranjera y cultural general potencian su desarrollo humano en el contexto y que esa exposición al contexto global permite reflexionar y comprender el mundo desde otra perspectiva y conciencia sobre los impactos en su vida de lo que sucede en el mundo y viceversa.

Reconociendo que la ciudadanía global requiere de unas competencias globales, pero, además, de competencias específicas. Gacel-Ávila (2019, p. 49) reúne y reflexiona sobre los grupos de competencias propuestos por la UNESCO que incluyen capacidades, valores y actitudes para una ciudadanía global; a saber:

- Amplio conocimiento de problemas y tendencias globales específicos.
- Valores universales básicos: derechos humanos, paz mundial, justicia, democracia, tolerancia y no discriminación.
- Capacidad de pensamiento crítico, creativo, innovador, resolución de problemas y la toma de decisiones sobre retos globales.
- Análisis crítico de la desigualdad basada en el género, estatus socioeconómico, religión y edad.
- Actitud de empatía hacia el otro y apertura a nuevas experiencias y perspectivas.
- Capacidad de comunicación e interacción interpersonal con personas de diferentes orígenes y antecedentes.
- Actitud de respeto hacia la diversidad, derivada de la capacidad de entender múltiples niveles de identidad.
- Sentido de identidad colectiva que trasciende las diferencias culturales, étnicas

- y religiosas.
- Capacidad para actuar colaborativa y responsablemente en la solución de problemas globales y la búsqueda del bien colectivo.

Estas competencias serán las categorías que favorecerán el análisis del corpus empírico obtenido a través de las respuestas de las personas profesoras participantes de la investigación cualitativa que permite describir la existencia de una riqueza académica, intercultural y pedagógica mediante la implementación de prácticas de internacionalización curricular colaborativa a través de la metodología COIL.

Metodología

En este capítulo se analizan cualitativamente las respuestas de 25 personas profesoras de México y Centroamérica en el taller internacional titulado: *Profesores/as DAAD Alumni multiplicando la Internacionalización Curricular Colaborativa hacia el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), diseño de propuestas con metodología COIL*. El taller fue financiado bajo el Programa de Financiamiento de Seminarios para Alumni DAAD en el periodo 2024. El taller contó con el apoyo del Alumni Deutschland Portal, Red CALCA, Fundación LINED Global, AHEXA y el soporte de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), permitió un espacio de intercambio y expresión de vivencias personales de los docentes, que fundamentan la relevancia significativa de la experiencia.

El objetivo del taller fue fortalecer las capacidades docentes de las personas profesoras de DAAD Alumni de la región Latinoamérica y el Caribe para el diseño e implementación de propuestas internacionales, curriculares y colaborativas para el cumplimiento de los ODS. Dentro de los objetivos específicos se propuso: (a) Caracterizar y dimensionar la internacionalización curricular colaborativa para el cumplimiento de los ODS. (b) Reflexionar críticamente en los facilitadores y obstáculos institucionales para el desarrollo de competencias docentes de la internacionalización curricular colaborativa. (c) Aprender con el intercambio de experiencias colaborativas curriculares desarrolladas por personas docentes DAAD Alumni de Universidades de América Latina que pertenecen a redes Alumni como CALCA y AHEXA. (d) Aprender el uso de la metodología COIL para desarrollar proyectos de colaboración curricular para el cumplimiento de ODS.

El taller se llevó a cabo en cuatro sesiones virtuales semanales de tres horas sincrónicas de trabajo individual y grupal, sumado al trabajo asincrónico requerido por grupos (aproximadamente seis horas asincrónicas). Integró sesiones de mentoría sobre proyectos COIL, conferencias y paneles con personas expertas en internacionalización curricular. Se diseñó un *blog* como herramienta para las personas facilitadoras y participantes incluyendo material de apoyo, videos, bibliografía y fichas de trabajo. Se desarrolló una evaluación del taller y se analizó el contenido de las respuestas,

se puntualizó la relación entre la internacionalización curricular y competencias para una ciudadanía global. La muestra analizada en este capítulo se distribuye en IES públicas y privadas de México y Centroamérica. La tabla 1, muestra la distribución de participantes a lo largo del taller.

Tabla 1. Distribución de participantes

Participantes	F
Meta de asistencia del taller	25-30
Participantes registrados/as	70
Participantes efectivos	47
Participantes certificados 100%	31
Grupos de trabajo interdisciplinarios e internacionales	12
Proyectos COIL co-diseñados por DAAD Alumni LAC	8

Resultados

A continuación, se describen y categorizan respuestas de las 25 personas participantes según las categorías de competencias para una ciudadanía global propuestas por la UNESCO y revisadas por Gacel-Ávila (2022). Se presentan ejemplos de respuestas para cada categoría y citas textuales para las más recurrentes. Cabe destacar que algunas de las competencias analizadas no cumplen el requisito de ser mutuamente excluyentes; por lo tanto, se combinan en el análisis con otras competencias.

Capacidad para actuar colaborativa y responsablemente en la solución de problemas globales y a la búsqueda del bien colectivo. Esta competencia tuvo la mayor cantidad de respuestas (en total fueron diez las personas docentes cuyas respuestas se incluyeron en esta categoría), a saber: trabajar en equipo con personas profesoras de otros países, trabajar en un equipo internacional, colaborar con otras disciplinas, implementar modalidades de enseñanza y aprendizaje colaborativas, promover la cooperación y la colaboración interdisciplinaria entre profesionales e instituciones de diferentes países, escuchar ideas, formas de trabajo y hasta dificultades en su ejercicio como docente; diseñar proyectos colaborativos internacionales, estructurar proyectos que involucren a estudiantes de diferentes países y la integración de diferentes perspectivas académicas, trabajar en redes internacionales y crear cursos colaborativos. Se comparten algunas citas representativas de esta competencia:

“Estas estrategias de internacionalización son pertinentes, ya que la metodología innovadora de enseñanza y aprendizaje que aprovecha las tecnologías en línea ofrece una oportunidad de aprendizaje global y el intercambio de experiencias interculturales en el aula”.

“La colaboración es un valor que se debe fomentar, que debe darles el mensaje a los universitarios que incluso los docentes no somos capaces de abordar

todo, que en colaboración se abarca más detalles”.

“Permite la integración de grupos interdisciplinarios, regionales o internacionales, y con visión de apoyar la formación de los alumnos. También dio formación para poder abrir herramientas multiplicadas por los participantes para los alumnos”.

“Siempre pensé que para mis cursos es necesaria la colaboración, pero no sabía cómo. Ahora tengo contactos con los mismos intereses, por lo tanto, me siento acompañada”.

Actitud de empatía hacia otras personas y apertura de nuevas experiencias y perspectivas. Se incluyeron en esta competencia siete respuestas: estar abierto a trabajar, comunicarse y compartir ideas con colegas de otros países, ser flexible, salir de la zona de confort, comprender desafíos y oportunidades en contrapartes latinoamericanas, ampliar posibilidades de aprendizaje desde diferentes perspectivas tanto académicas como de vida, abrir el panorama de aplicación de técnicas y aprender de otras visiones. Esta categoría se relaciona también con la **Capacidad para la comunicación e interacción interpersonal con personas de diferentes orígenes y antecedentes**. Se comparten algunas citas:

“Con esta experiencia ahora me imagino una clase de hidrología e hidrogeología con pares de Alemania y/o Ecuador. Una clase en la que los alumnos puedan observar cómo están conectadas las naciones a través del conocimiento global”.

“Diversificación del aprendizaje”: Permite a los estudiantes interactuar con pares de diferentes culturas y contextos académicos, lo que enriquece su experiencia de aprendizaje y les proporciona una perspectiva global. Esta diversidad contribuye a una comprensión más completa y matizada de los temas estudiados”.

“[...] Facilita el desarrollo de habilidades clave para el entorno laboral global, como la comunicación intercultural, el trabajo en equipo con personas de distintos orígenes y la resolución de problemas en contextos internacionales. Estas competencias son cada vez más valoradas en el mercado laboral actual”.

“Solo al escuchar las experiencias de otras universidades uno puede replicar esos modelos y adecuarlos a la realidad de nuestro entorno laboral y cultural”.

Sentido de identidad colectiva que trasciende las diferencias culturales, étnicas y religiosas. Se integraron en esta categoría cinco respuestas: lograr enriquecerse culturalmente, trabajar multiculturalmente, promover el aprendizaje intercultural, aprender con otras nacionalidades, conocer visiones de otras latitudes. Esta categoría también se relaciona con la **Actitud de respeto hacia la diversidad, derivada de la capacidad de entender múltiples niveles de identidad** (3 respuestas), esto es: adaptar metodologías pedagógicas para contextos internacionales, considerar diferencias culturales y contextuales de los estudiantes, asegurar una experiencia educativa inclusiva y efectiva. Se comparten algunas citas:

“Aprendí que debo incluir siempre como competencias docentes la cultura del país par, en las competencias comunicativas aprendí que es importante incluir comunicación de acuerdo con la forma de aprendizaje auditivo, kinestésico, visual [...] las competencias laborales me permiten incentivar a los alumnos y docentes según su interés y motivación, por lo que es interesante añadir aprendizaje basado en casos de estudios del otro país”.

“Se fomenta la formación de comunidades académicas más diversas y se favorece la multiculturalidad en el aprendizaje”.

“Estamos en una época en la que necesitamos plantearnos objetivos regionales e impulsar estos objetivos de manera común para tener resultados más eficientes y que todos los estudiantes de los diferentes países desarrollen las habilidades y competencias al mismo nivel”.

Capacidad de pensamiento crítico, creativo e innovador, la solución de problemas y la toma de decisiones sobre retos globales. Se incluyeron en esta categoría las siguientes respuestas: comprender que el conocimiento tiene la capacidad de movilizarse, hacer sinergias incluso con temas que se ven poco probables. Ya que la toma de decisiones sobre retos globales requiere tener nociones previas de asuntos globales, esta competencia está muy relacionada con tener **amplios conocimientos de problemas y tendencias globales específicos**. En las opiniones de los y las participantes se destaca el conocimiento en sus áreas y las problemáticas globales. Sumado a ello, la capacidad de pensamiento crítico y la búsqueda de soluciones, se relacionan con la competencia. Se presentan citas a continuación:

“Mediante discusiones profundas logramos diseñar un curso óptimo sin perder de vista las materias individuales”.

“[...] Perspectiva internacional al currículo, pueden nacer proyectos de investigación entre académicos de las instituciones participantes y publicaciones, alumnos y profesores pudieron adquirir una perspectiva regional/global”.

“Tanto docentes como estudiantes veamos más allá de las fronteras y paradigmas propios. Es una forma de visibilizar que somos muy diferentes, pero a la vez nos une el sentirnos comunidad y la satisfacción de aprender”.

En menor medida se encuentran dos categorías de competencias: **Análisis crítico de la desigualdad basada en el género, estatus económico, religión y edad**, sólo se encontró una cita en esta categoría: “[...] Identificación de puntos de encuentro en las distintas currículas, cómo integrar género y salud mental a temas científicos [...] reconocer las diferentes intencionalidades didácticas”. Y la categoría **Valores universales básicos: derechos humanos, paz mundial, justicia, tolerancia y no discriminación**. En este último caso, si bien no se encontraron respuestas explícitas para esta categoría, se infiere el trabajo con valores universales básicos en las respuestas analizadas. Esta última competencia podría considerarse como transversal a las otras competencias

Discusión

Hoy día, la evaluación global en la educación pone en evidencia las dificultades cognitivas, sociales, emocionales y académicas, en tanto la disparidad global de las personas estudiantes en el entorno universitario. La educación de calidad es un desafío para la construcción de personas ciudadanas globales, los factores socioculturales, además de que la disponibilidad de recursos, incrementan la pobreza de aprendizaje en referencia al ODS 4.

El Proyecto Educación para la Ciudadanía Global, ha promovido en los últimos años resultados como exposiciones interactivas y cursos MOOC sobre alfabetización mediática e informacional, sobre ética, competencias digitales y ciudadanía; y esfuerzos de sensibilización sobre el cambio climático, preservación de los océanos, diversidad cultural e interculturalidad (Dieste et al., 2020). Estos esfuerzos aportan a la comprensión internacional de los problemas globales (Rodríguez Betanzos & Barrientos Amador, 2024), siendo una de las competencias UNESCO más recurrente entre las personas profesoras de esta investigación; sumado al trabajo colaborativo y socialmente responsable, la empatía y apertura a nuevas experiencias y perspectivas.

En Centroamérica, la literatura sobre experiencias de alfabetización científica, ciudadanía global, competencias globales y específicas; así como los esfuerzos relacionados al pensamiento crítico sobre problemas globales, es limitada; sin embargo, las políticas públicas de la región reconocen la importancia de una formación global e intercultural en planes de estudio; incorporando valores de internacionalización en el proceso de enseñanza aprendizaje, ofreciendo programas, proyectos y procesos de formación continua con personal docente, personal técnico-administrativo y estudiantes; desarrollando líneas de acción en el ámbito de movilidad, currículo, idiomas; entre otros previstos en los objetivos estratégicos del *Plan para la integración regional de la educación superior de Centroamérica y República Dominicana* (PIRESC V) del Consejo de Educación Superior de Centroamérica (CSUCA) (Rodríguez Betanzos & Barrientos Amador, 2024).

Lamentablemente, la situación en la región centroamericana presenta los mismos obstáculos identificados por el proyecto *Promoción de la internacionalización en Centroamérica* (INCA) (2011) bajo nivel presupuestario, bajo nivel en idioma inglés, poco soporte y asesoría para movilidad, sin reciprocidad, falta de una cultura institucional para la internacionalización.

Estas barreras fueron también identificadas por las personas profesoras participantes de esta investigación. No se encuentran, hasta el momento, programas formalizados que certifiquen en competencias globales a las personas docentes, o sea, los instrumentos de planificación de Centroamérica distan mucho de la realidad de las capacidades docentes y son las personas docentes quienes tienen que buscar ofertas

de programas alternativos en otras IES, ya que las instituciones que representan carecen de programas que desarrollen estas competencias. Se identifica la necesidad y la oportunidad de contribuir con un currículum internacional virtual colaborativo, brindando más capacitaciones y más herramientas que permitan permear temas de alta pertinencia social y académica. La carencia de políticas efectivas para promover competencias globales y/o de internacionalización se pudo evidenciar en el instrumento de evaluación ya que los/as profesores/as manifestaron que nunca habían recibido una capacitación desde su institución en estos temas.

Centroamérica representa una oportunidad para potenciar la dimensión internacional, valorizando la interculturalidad en el marco de la misión y visión de las universidades y sus funciones sustantivas. Es necesario poner el foco en el proceso de implementación de políticas y planes de internacionalización, gestionar efectivamente sistemas de apoyo al proceso, herramientas de capacitación sobre competencias para una ciudadanía global y plataformas de ayuda tanto para la ejecución efectiva de dichos planes y la evaluación de los resultados.

Conclusiones

Según la literatura revisada, internacionalización curricular y el aprendizaje colaborativo en la región centroamericana son desafiados por el bajo nivel de competencias digitales de alumnos y docentes, el exceso de utilización de contenido de baja calidad, el bajo nivel de pensamiento crítico y la limitada exposición de los estudiantes universitarios en entornos internacionales, que disminuyen la posibilidad de interacción y exposición al diálogo intercultural.

La planificación estratégica de *Internacionalización de la educación superior en América Latina y El Caribe* requiere de adecuaciones a los objetivos previstos por UNESCO (2015). Lograr integrar la comprensión de problemas internacionales, la promoción de valores universales y la interacción intercultural, son dimensiones aún en desarrollo. Las habilidades de comunicación y conocimiento de idiomas son limitadas y parece que se han convertido en barreras para el diseño e implementación de iniciativas colaboración a nivel internacional, ya sea en la ciencia, en la docencia como en el aula.

En ese contexto localizado, el establecimiento de estrategias y políticas de apoyo al aprendizaje colaborativo se prevé como un dinamizador de procesos de construcción, reflexión y de acceso al conocimiento sobre problemas y realidades internacionales. Los esfuerzos de financiamiento a la internacionalización curricular y aprendizaje colaborativo desarrollan integración, sinergias y cohesión entre los personas docentes involucradas en el diseño, implementación y evaluación académica del proceso. Lo anterior permite competencias metodológicas y pedagógicas que benefician las futuras interacciones e intervenciones en cascada; así como otras habilidades y potencialidades docentes, consideradas competencias combinadas (información y

datos, comunicación y colaboración, creación de contenidos digitales, seguridad y resolución de problemas).

Esta investigación representa, por sus hallazgos y diálogos, una aproximación cualitativa que muestra la existencia de una riqueza académica, intercultural y pedagógica mediante la implementación de prácticas de internacionalización curricular colaborativa siguiendo la metodología COIL entre IES de América Latina. Es necesario abrir el debate sobre los significados y los alcances de la internacionalización curricular, así como contribuir a la redefinición de los mecanismos en que la docencia en entornos virtuales se debe diseñar, desarrollar, evaluar y transversalizar.

“La experiencia COIL implica ir al encuentro de un otro u otra que va a cambiar nuestra percepción del mundo, las maneras de relacionarnos, de vernos a nosotros y nosotras mismas. Los vínculos y las ideas intercambiadas crean nuevos símbolos, lenguajes, significados, que nos permiten recrear realidades, reinventarnos y crear nuevos sentidos de vida. Es así que, en el compartir, el/la estudiante puede apropiarse, resignificar y valorar desde otra perspectiva su propia experiencia y la de los otros y otras compañeros/as” (Silva Peralta et al., 2022, p.94).

Para alcanzar las competencias para una ciudadanía global los planes de estudios deben cambiar hacia una educación transformadora, transversal, integral, multi, inter y transdisciplinaria; educación que contemple derechos humanos y educación para la paz, cooperación internacional; ciudadanía global, ciudadanía territorial; educación que transforme a cada integrante de la comunidad educativa (sea docente, estudiante, autoridad, personal administrativo, etcétera); educación que promueva un diálogo entre asignaturas, ámbitos y niveles de estudio (UNESCO, 2024).

Referencias

- Consejo Superior Universitario Centroamericano (2021). Quinto Plan para la Integración Regional de la Educación Superior de Centroamérica y República Dominicana PIRESC V.
- Recuperado el 01 de marzo 2025 de: <http://repositorio.csuca.org/id/eprint/128>
- Dieste, B., Coma-Roselló T., & Blasco, A.C. (2020). Análisis de la educación para la ciudadanía global en organizaciones de la sociedad civil en el ámbito rural de Zaragoza. *Iberoamerican Journal of Development Studies* 9(1), 202-231.
- González T.P.Á. (2019). La globalización en Boaventura de Sousa Santos: El papel de la epistemología del Sur y de América Latina. *Derechos y Libertades*: 40, 1, 2019, 109-150.
- Gacel A.J. (2019). La ciudadanía global, un concepto emergente y polémico. *Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 21(21), 39-63.
- Gacel A.J. (2022). Internacionalización inclusiva en América Latina y el Caribe Desafíos y factibilidad. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 34(1), 401-421.
- Lechner, N. (2000). Nuevas ciudadanías. *Revista de estudios sociales*, (05), 25-31.
- Martín C. A.M., Pérez Sánchez, I., & Álvarez, M. (2022). Capacitación de formadores en competencias digitales. En A.M. Martín-Cuadrado, L. Pérez, M. Álvarez, F. Domínguez (Eds.), *Experiencias de aprendizaje compartido en el itinerario capacitación de formadores en competencias* (98-100). Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Madrid. Recuperado el 01 de marzo 2025 de: <http://www.aecid.es/ES/la-aecid/publicaciones-y-documentos>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*, PISA. Paris: OECD Publishing.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2015). *Educación para la ciudadanía mundial, temas y objetivos de aprendizaje*. Paris: UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2022). *Guideline for Implementing Universal Screening to Support All Learners*. Nueva Delhi: UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2024). *Recomendación sobre la Educación para la Paz, los Derechos Humanos y el Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 01 de marzo 2025 de: <https://www.unesco.org/en/global-citizenship-peace-education/recommendatio>
- Proyecto Promoción de la internacionalización en Centroamérica-INCA (2011) *Claves para la Gestión de las Oficinas de Relaciones Internacionales de la Región Centroamericana*. Recuperado el 01 de marzo 2025 de: <https://inca.old.ogpi.ua.es>
- Rangel R. H. G., & Rangel G. A. E (2021). *Diseño y evaluación conjunta del curso Pensamiento Global como estrategia de internacionalización del currículo*.

- En B. Leask, M. Torres-Hernández, M.L. Bustos-Aguirre & H. de Wit (Eds.), *Reimaginar la internacionalización del currículo* (pág. 321-344). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Rodríguez Betanzos, A., & Barrientos A. M. (2024). *Análisis de políticas públicas para la internacionalización de la Educación Superior en América Central*. Consejo Superior Universitario Centroamericano.
- Silva P. Y.F., Núñez Amador, C.E., Bulnes M. M.J., Lovo J. S., & Rangel Ramírez, H. (2023). *Latitudes colaborativas: Sistematizando prácticas educativas emprendedoras con el modelo COIL entre dos universidades de Argentina y Nicaragua*. En V. Rodríguez Luna y R. López Olivera López (Coord.), *Experiencias Educativas con el Modelo COIL*. México: Univ. Veracruzana.
- Silva P. Y.F., Zapata, A.M., & Velásquez V. A. (2022). *Mujer[ES] Emprendedoras Sociales e Internacionalización Curricular: Experiencias COIL con Perspectiva de Género*. En L.P. Álvarez R.L.F. Echeverría-King, T.L. Lafont-Castillo, M. Herazo Chamorro (Eds.), *Experiencias de la internacionalización en las Instituciones de Educación Superior (IES) en Latinoamérica* (pp. 86-106). Sincelejo: Corporación Universitaria del Caribe (CECAR).
- Unión Europea (2017). *Marco Europeo de competencias digitales para los Ciudadanos*, Asociación de Universidades Populares de Extremadura (AUPEX). Recuperado el 01 de marzo 2025 de: <http://www.aupeex.org>

Competencias emprendedoras femeninas para una ciudadanía global, social y solidaria. Análisis cualitativo de grupos focales en el sur-sureste y centro de México

Female entrepreneurial skills for global, social, and supportive citizenship.
Qualitative analysis of focus groups in southeastern and central Mexico

Alma Adriana Herrera García,¹ Xóchitl Mora-Gómez² y Yamila Fernanda Silva Peralta³

Resumen: Este capítulo tiene el objetivo de analizar críticamente las competencias emprendedoras femeninas y su contribución a la ciudadanía global, social y solidaria en el Sur Sureste y Centro de México. Fueron coordinados dos grupos focales en el marco de la Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales. Participaron 12 mujeres que articulan acciones y estrategias para el fortalecimiento del emprendimiento femenino en sus comunidades. Se analizó el contenido de los grupos focales considerando cualidades de la mujer emprendedora, facilitadores-obstaculizadores y oportunidades-desafíos. Las fortalezas encontradas son resiliencia, empatía, creatividad, innovación, trabajo colaborativo y aprendizaje continuo. Como barreras que influyen negativamente en el proceso emprendedor se encuentran: carga de responsabilidades familiares, prejuicios de género, contexto de desigualdad, falta de confianza en sus habilidades, acceso limitado al financiamiento, condiciones de informalidad y dificultades para la escalabilidad de sus emprendimientos. A pesar de ello, las mujeres emprendedoras sostienen su deseo de contribuir hacia un cambio favorable en sus comunidades.

Palabras clave: emprendimiento femenino, ciudadanía global social y solidaria, competencias emprendedoras femeninas.

Abstract: The objective of this chapter is to critically analyze women's entrepreneurial competencies and their contribution to global, social and solidarity citizenship in South Southeast and Central Mexico. Two focus groups were coordinated within the framework

1 Universidad de Xalapa, México. Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales. almaherrera13@gmail.com ORCID 0009-0000-5670-964X

2 Tecnológico Nacional de México. Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (CIIDET). Red de Investigación en Economía Social y Solidaria (RIESS). Red Internacional de Investigación sobre Sustentabilidad de la Vida y Complejidad (RISCx). Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales. xochitl.mg@ciidet.tecnm.mx ORCID 0000-0003-1644-8128

3 Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina (UNMDP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Fundación LINED Global, Red CALCA (Conecta América Latina-Caribe-Alemania), Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales. Red Iberoamericana de Investigación en Desarrollo Sostenible Organizacional (RIIDESO). yamilasilvaperalta@gmail.com ORCID 0000-0003-1917-3406.

of the Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales, with the participation of 12 women who articulate actions and strategies for the strengthening of female entrepreneurship in their communities. The content of the focus groups was analyzed considering qualities of women entrepreneurs, facilitators-obstructors and opportunities-challenges. The strengths found were resilience, empathy, creativity, innovation, collaborative work and continuous learning. As barriers that negatively influence the entrepreneurial process are: burden of family responsibilities, gender bias, context of inequality, lack of self-confidence, limited access to financing, informal conditions and difficulties for the scalability of their ventures. In spite of this, women entrepreneurs maintain their desire to contribute to a favorable change in their communities.

Keywords: women's entrepreneurship, social and solidarity global citizenship, women's entrepreneurial skills.

Introducción

*Cada vez que nombramos a la otra nos enorgullecemos.
Cada vez que decimos lo que ha hecho,
es una forma de apropiarnos de eso*
M. Lagarde (1999)

La ciudadanía global se ha convertido en una idea esencial donde la colaboración y la responsabilidad cruzan fronteras y culturas en el entorno interconectado de hoy, donde los saberes y conocimientos se entrelazan con las actitudes y habilidades que posibilitan la construcción de una sociedad más justa, responsable y democrática; dando cabida a la formación de competencias ciudadanas que se tornan fundamentales para la sociedad (Acosta-Medina et al., 2019) y para la transformación social. Y en este contexto, las mujeres han dado un paso adelante para tomar un liderazgo indiscutible en los emprendimientos de impacto social, actuando como un pilar fundamental en la construcción de iniciativas que persiguen no sólo el éxito económico sino también la prosperidad de sus territorios y comunidades, a través de sus modelos de negocio innovadores y sostenibles, y tornándose en una propuesta eficaz para contribuir en la solución de problemas sociales y ambientales.

En este capítulo se analizan las competencias emprendedoras de las mujeres en relación a la ciudadanía global, social y solidaria; una reflexión poco estudiada aún. Y damos cuenta de los hallazgos obtenidos sobre las competencias de las mujeres que deciden emprender con impacto social, particularmente mujeres que habitan en el centro (CDMX, Guanajuato, Querétaro) y sur-sureste de México (Chiapas, Puebla y Veracruz), obtenidos a través del análisis de dos grupos focales: uno en cada región. Estos grupos focales se enmarcan en las acciones estratégicas de Nodo México de la Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales, red internacional con presencia en

11 países Latinoamericanos (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Nicaragua, Paraguay, Perú y Uruguay) que tiene como objetivos investigar y desarrollar competencias emprendedoras sociales con perspectiva de género. Inicialmente apoyada por el Fondo Fiduciario Pérez Guerrero de Naciones Unidas (FFPG, 2019-2021), luego por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED, 2021-2024) y, actualmente, formalizada en la Fundación LINED Global (2023-actual).

Problema de investigación y contexto de la problemática

El centro y sur-sureste de México tienen características socioeconómicas y culturales diversas, con algunas similitudes, obstáculos y desigualdad de género, que principalmente están relacionados con la carga de responsabilidades familiares, que implican una falta de reconocimiento y apoyo al trabajo realizado en las labores domésticas y de cuidados a la familia, realizados en conjunción con el cuidado al emprendimiento. A pesar de estos desafíos, las mujeres han encontrado en el emprendimiento social un medio para lograr una mejor calidad de vida para ellas mismas, sus familias y entorno, lo que ha permitido el fortalecimiento de sus competencias, no sólo son económicas, sino también sociales y solidarias, que determinan el éxito de estas iniciativas como parte de una ciudadanía activa.

Las preguntas de investigación que orientan el análisis de los dos grupos focales son: ¿Cómo se relacionan las competencias para una ciudadanía global, social y solidaria con las competencias emprendedoras femeninas? ¿El emprendimiento femenino contribuye a la construcción de una ciudadanía social y solidaria?

Antecedentes.

Competencias emprendedoras femeninas

Las competencias emprendedoras femeninas refieren a las actitudes, valores y habilidades que poseen las mujeres que deciden emprender y que, de acuerdo con Miranda Sánchez y otras (2023), son entendidas como un entramado de valores y prácticas económicas y sociales, que dotan a la persona emprendedora de la capacidad para emprender, generando crecimiento económico y cohesión social. En su estudio, las autoras se refieren al emprendimiento femenino impregnado de una nueva feminidad (p. 55), como un camino que deciden recorrer las mujeres desafiando las barreras impuestas por el contexto masculinizado en busca de la independencia económica. Al mismo tiempo, refieren, implica el desarrollo de nuevas formas de organización económicas y sociales que buscan un mayor impacto a través del desarrollo de competencias intrínsecas, como la capacidad de autogestión de las emociones, la capacidad para responder a las vicisitudes del mundo cotidiano y la posibilidad del conocimiento interno de la persona. En su estudio sobre las

competencias emprendedoras de las mujeres en el contexto mexicano, focalizado en el estado de Tabasco en el sureste de México, buscan visibilizar la participación de la mujer en la actividad económica al identificar las competencias que las mujeres poseen al emprender, develando distintas dimensiones de las competencias en las que se identificaban las mujeres con mayor afinidad, entre las que se encuentran el espíritu emprendedor, la necesidad de existir, la experiencia técnica previa, la capacidad para reponerse y aprender; las competencias que mostraron menor afinidad se refieren a la capacidad para trabajar con otros, la credibilidad, el trabajo arduo y la acción de priorizar.

Calanchez Urribarri y otras (2022), en la revisión sistemática realizada, identifican las competencias emprendedoras de las mujeres desde distintos ámbitos de acción, tales como el financiero, social, empresarial, educativo, gerencial, entre otros; como una estrategia de intervención en la sociedad que permite desarrollar e integrar una cultura emprendedora. Las autoras también refieren a numerosos estudios sobre la perspectiva de la mujer emprendedora en el contexto mundial que evidencian los diferentes patrones en la formación de los emprendimientos entre hombres y mujeres. Resaltan habilidades psicológicas de las mujeres de autoconciencia y control emocional y el desarrollo de ecosistemas de emprendimiento con alto impacto social y económico. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrentan las mujeres al emprender es la naturaleza patriarcal del dominio del espíritu empresarial (p.649). Según Silva Peralta y Rompato (2020) las mujeres desarrollan su emprendimiento con una marcada implicación personal y, ante situaciones de criticidad personales y/o laborales, se combinan la necesidad de logro asociada a la superación de obstáculos y la necesidad de afiliación, la cual se relaciona con la mirada social.

En ese sentido, Gálvez-García y Suárez Ortega (2021) plantean que, al identificar las competencias emprendedoras de las mujeres que deciden emprender, es necesario conocer las condiciones en las que se desarrollan sus proyectos con el afán de visibilizar la desigualdad frente a los emprendimientos masculinos y, a través del aprendizaje de las competencias necesarias, tomando en cuenta sus propias experiencias de vida, sin dejar de lado los retos y desafíos que implica emprender en un contexto masculinizado que perpetúa la división sexual del trabajo.

El emprendimiento social femenino y la ciudadanía global

Los emprendimientos con impacto social liderados por mujeres cobran cada más relevancia y estos, en sus distintas etapas (inicio, madurez y declive) se viven y realizan en contextos más interconectados y globalizados. Contextos que, según Rangel-Ramírez y Rangel García (2021), requieren del desarrollo de aprendizajes que preparen para la sociedad global y que se orientan en tres vertientes: (a) desde una perspectiva de mercado neoliberal-económico, (b) como factor de conciencia-responsabilidad social y (c) como acción-participación ciudadana. Acosta-Medina y otros (2019) señalan

que estos aprendizajes contribuyen a la generación de competencias de ciudadanía global, que como factor de impulso en la sociedad confluyen en los ámbitos familiares, académicos y laborales y en la formación de ciudadanos que promuevan valores que permiten la convivencia, la inclusión, la empatía y equidad. Y justamente es en ese contexto en el que confluyen la familia, la educación y el trabajo es el marco bajo el cual se encuadran los emprendimientos femeninos.

Las mujeres, al emprender –buscando generar un ingreso y un impacto en sus comunidades, localidades, entornos y territorios tanto urbanos como rurales–, representan una alternativa para la generación de empleos y del sostenimiento familiar; realidad que, sin duda, se complejiza en el sector rural (García Rodríguez et al., 2024). Pero, en todo caso, como argumentan Flores-Novelo y otros (2021) el emprendimiento femenino requiere del desarrollo y de la puesta en acción de competencias que les permitan enfrentar y afrontar las brechas de desigualdad así como las restricciones imperantes (particularmente en el contexto latinoamericano) y, al mismo tiempo, dar respuesta a los retos que implica pensar en global a la vez que desde lo local, reconociendo saberes, identidades, valores y experiencias locales que impactan en el bienestar de los territorios y comunidades de los que emergen. A esto se refiere Mesa (2019) cuando señala que pensar en una identidad colectiva local-global, que comparte normas y valores en lo local y trascienden globalmente, contribuye a la convivencia y a la construcción de la paz, entendiendo que los problemas globales son parte de las experiencias locales cotidianas.

Sobre esta idea, y de acuerdo a revisiones sistemáticas realizadas por distintos autores y autoras como Rangel (2022), Sánchez Tarrillo y Aguinaga Vásquez (2021) y Mesa (2019), la formación o desarrollo de competencias ciudadanas ha sido ampliamente estudiada desde el ámbito de la educación, principalmente analizadas en la educación superior; pero es de resaltar que hay insuficiente evidencia de haber sido investigadas desde el enfoque del emprendimiento femenino. Planteando, de esta manera, un enfoque distinto desde dónde mirar las competencias ciudadanas.

Bajo este argumento, el emprendimiento social femenino en el contexto de ciudadanía global puede explicarse desde el desarrollo de competencias ciudadanas porque, aludiendo a Sánchez Tarrillo y Aguinaga Vásquez (2021), las competencias ciudadanas refieren a la construcción de una persona responsable que vive en un contexto en constante cambio y transformación, con una intensa necesidad de competir por un acelerado ritmo de vida que genera la incertidumbre y que provoca fragmentación, intolerancia; por ende, violencias y desigualdades. Por tanto, el emprendimiento femenino requiere del desarrollo de competencias tales, que le permitan responder a ese contexto. El enfoque de ciudadanía global implicaría mirar desde un eje global-local y desde un eje identitario; lo local no se confronta a lo global y es posible la inclusión de identidades múltiples que se complementan entre sí, que contribuyen a la generación de ciudadanías respetuosas de las diferencias o diversidades en el

marco de los derechos humanos, a la vez que son motor de cambio de la realidad social (Mesa, 2019). En ese sentido, el análisis de las competencias emprendedoras femeninas que se muestra en este capítulo permite iniciar la reflexión sobre la relación entre las competencias ciudadanas y las competencias emprendedoras femeninas.

Metodología

Desde la Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales, se analizan las competencias emprendedoras de las mujeres que deciden emprender con impacto social en Latinoamérica. En este sentido, se puso en marcha una serie de acciones estratégicas. Inicialmente, se realizó un análisis bibliométrico de la literatura científica sobre emprendimientos femenino y social. Se hicieron entrevistas que sirvieron como diagnóstico, a mujeres emprendedoras de diferentes países latinoamericanos y se analizó su contenido. A continuación, se generaron acciones de capacitación “a medida” para desarrollar estas competencias emprendedoras femeninas. Finalmente, en el año 2024, se coordinaron grupos focales con referentes de organizaciones territoriales que fortalecen y potencian los emprendimientos femeninos. Un total de 9 grupos focales se coordinaron desde la Red. En este capítulo se analizan, específicamente, los grupos focales de Nodo México de dos regiones: centro y sureste, abarcando tanto comunidades rurales como urbanas. A través de ambos grupos, se integraron 12 mujeres vinculadas con emprendedoras sociales que trabajan desde organizaciones no gubernamentales, desde iniciativas privadas y desde el sector académico.

La metodología de grupos focales o *focus groups* (Merton & Kendall, 1946; Aigner, 2002) se enmarca dentro de las técnicas cualitativas, permiten identificar percepciones, expectativas y experiencias de las personas participantes. Los grupos focales coordinados tuvieron una duración promedio de 90 minutos. Se abordaron los siguientes ejes: (a) Cualidades de la mujer que emprende con impacto social, (b) Condiciones del entorno para emprender y (c) Oportunidades y desafíos para emprender.

Este estudio presenta algunas limitaciones y sesgos que se deben mencionar. Por un lado, las mujeres participantes son, en su mayoría, académicas que directamente generan e impulsan los emprendimientos o sirven de puente entre las mujeres que deciden emprender y, por otro lado, son mujeres que cuentan con una formación educativa de nivel posgrado (maestría y/o doctorado).

Resultados

Fueron analizadas las competencias de las mujeres en el emprendimiento social en el contexto de dos grupos focales, convocados a través de la Red Mujer [ES] Emprendedoras Sociales, Nodo México, particularmente en el centro y sur-sureste de México. Estos encuentros revelaron las historias, condiciones, desafíos y éxitos de las mujeres emprendedoras que están generando un cambio en su mundo y en

el mundo de quienes las rodean gracias a su visión, pasión y compromiso social. Se observó cómo su liderazgo y su enfoque innovador están cambiando la noción de éxito y la construcción de una ciudadanía global más inclusiva y equitativa.

Sus aportes revelaron desafíos que enfrentan en un mundo donde continúan existiendo disparidades de género y restricciones estructurales pero, al mismo tiempo, de cómo estos desafíos van generando en ellas competencias que están siendo aplicadas para la construcción de un futuro sostenible y justo que implique la participación activa de las mujeres en todas las esferas de la sociedad mundial.

En este apartado se muestran los resultados de los grupos focales para resaltar cómo emprenden las mujeres en México, identificar temas comunes y aprendizajes compartidos que puedan replicarse en otros lugares. También se busca apoyar una conversación más amplia sobre la necesidad de una ciudadanía global que promueva y fortalezca el liderazgo femenino como catalizador del cambio social a través del emprendimiento.

Este ejercicio reveló datos ricos y diversos. A través de preguntas previamente estructuradas y de encuestas, se abordaron cuatro ejes principales: (a) Cualidades de la mujer que emprende con impacto social, (b) Condiciones del entorno para emprender y (c) Oportunidades y desafíos para emprender.

Cabe mencionar que posterior a la creación de los grupos focales, los resultados del Nodo México fueron presentados en el “Panel de emprendimiento y género en América Latina” en el marco del X Congreso Marplatense Internacional de Psicología, en el mes de diciembre 2024 en la ciudad de Mar del Plata (Argentina), compartiendo experiencias y aprendizajes significativos con los representantes de los nodos Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador, Paraguay y Uruguay.

El emprendimiento social se ha convertido en un aliado global como herramienta que ayuda a transformar problemáticas sociales y comunitarias en productos y servicios capaces de generar cambios positivos y prosperidad económica de las regiones. Por ello es fundamental analizar y comprender las características de las mujeres que crean y lideran estas iniciativas. El primer eje de estudio en los grupos focales es Cualidades de la mujer que emprende. Así, fueron identificadas fortalezas, debilidades y motivaciones.

Fortalezas de la mujer que emprende con impacto social

Entre las fortalezas más visibles se encuentra la resiliencia que les permite adaptarse y recuperarse tras situaciones de adversidad, buscando siempre mejorar las condiciones a través de soluciones creativas para continuar con sus proyectos e iniciativas.

Como segunda fortaleza en común está la empatía que las caracteriza por tener la facilidad de comprender las necesidades y problemas que viven otras personas, lo que, a su vez, alimenta su compromiso altruista con su entorno. Cuando las mujeres utilizan su capacidad empática para identificar las necesidades de su entorno logran desarrollar iniciativas y proyectos que promueven un bienestar colectivo, permeando e inspirando a la sociedad a actuar con conciencia social. Su inteligencia socioemocional (que implica ser mujeres sentipensantes) les permite actuar de manera consciente y asertiva en sus comunidades.

Las participantes coincidieron en que la innovación es clave para adaptarse a un entorno dinámico. La innovación impulsada por mujeres juega un papel crucial en la construcción de una ciudadanía global al promover soluciones creativas y sostenibles a problemáticas sociales y económicas. Las mujeres se enfrentan a situaciones desafiantes constantemente y utilizan su creatividad para pensar fuera de lo convencional y generar soluciones con impacto, contribuyendo así en la formación de comunidades equitativas y solidarias desde una perspectiva de inclusión.

Sumado a ello, se destacó la colaboración como una competencia importante que aporta un trabajo fundamental para la construcción de una ciudadanía global, ya que fomenta el intercambio de ideas y conocimientos para crear multiculturalidad. Ellas fomentan un ambiente de colaboración tomando en consideración la opinión de las demás personas, respetando la apropiación cultural y potenciando el trabajo en equipo. Cuando las mujeres se unen a través de un mismo propósito, no sólo comparten tiempo y recursos, sino que también crean redes de apoyo que fortalecen la cohesión social y promueven el empoderamiento de todas; este enfoque colaborativo les permite abordar problemas locales con soluciones innovadoras, al tiempo que sensibilizan a sus comunidades sobre temas globales como la equidad, la justicia social y la sostenibilidad.

Por último, la necesidad de capacitación constante fue un tema común en los grupos focales. Las mujeres también manifiestan un deseo por adquirir nuevos conocimientos que les ayuden a fortalecer sus proyectos y les permitan fomentar una comprensión más amplia sobre los retos globales. Las mujeres emprendedoras se comprometen a ejercer un aprendizaje continuo para que posteriormente puedan enseñar a otras mujeres a empoderarse, promoviendo la igualdad de género, el crecimiento comunitario y la cooperación internacional. De este modo, actúan como agentes de cambio en sus regiones capaces de abordar problemas sociales de manera innovadora contribuyendo a crear un mundo más justo y equitativo

Debilidades de la mujer que emprende con impacto social

En contraste a sus fortalezas, abordamos también las debilidades a las que se enfrentan, y cómo estas obstaculizan en muchos casos su crecimiento y expansión. En el grupo

focal de la región sur-sureste del país se encontró que la carga de responsabilidades familiares y domésticas les impide gestionar del tiempo de forma adecuada para sus proyectos.

Muchas de ellas también luchan con el miedo al juicio y la falta de confianza en sus habilidades, lo que les impide tomar decisiones arriesgadas y a largo plazo. No se sienten capaces debido a la incertidumbre económica o a las necesidades que tenga su familia y requieran de su tiempo y cuidados. Todo lo cual genera que sus proyectos, en muchos casos, tengan que ser pausados para dar prioridad a la maternidad, las responsabilidades familiares o buscar un empleo que les genere un ingreso estable. Además, el acceso limitado a financiamiento debido a prejuicios de género en el sistema financiero actual en el que las mujeres, en su gran mayoría, no cuentan con garantías a su nombre para obtener un crédito; lo que les resta la posibilidad de crecimiento por falta de credibilidad en el pago de deuda.

Por último, el desconocimiento de herramientas y programas que podrían fortalecer sus habilidades emprendedoras representa un obstáculo adicional para su empoderamiento económico.

Motivaciones de la mujer que emprende con impacto social

Es importante destacar la inspiración de las mujeres que emprenden socialmente, ellas no sólo buscan empoderamiento personal e independencia económica, sino también se mueven por un profundo deseo de mejorar la situación de quienes las rodean y generar un cambio positivo en su entorno. El compromiso social por el bienestar de su entorno es evidente en su búsqueda de soluciones sostenibles que beneficien a las futuras generaciones y crear condiciones favorables medioambientales. “[...] Las mujeres tenemos mayor sensibilidad para desarrollar proyectos que tienen una mayor conciencia [...] abre la oportunidad”.

La mujer emprendedora social fomenta la equidad de género y suma a más mujeres a crear redes de apoyo que trasciendan fronteras; de esta manera logran contribuir a una ciudadanía global más activa, inclusiva y comprometida con el bienestar de la sociedad en su conjunto y con el desarrollo sostenible. Su motivación radica en ser creadoras de empleo, inspirar a otras mujeres y contribuir a una movilidad social que les permita alcanzar la autonomía y lograr la vida deseada. Se encuentra también el anhelo por acceder a recursos y financiamiento, así como de contar con un marco regulatorio que contrarreste la desigualdad en la distribución de recursos. Además, buscan crear empresas con propósito que trasciendan y transformen realidades, abrazando una racionalidad socioambiental que les permita autogestionarse y equilibrar sus múltiples roles. Conscientes de la importancia del acompañamiento y la formación integral, estas mujeres son agentes de cambio que siembran conciencia social y aspiran a

dejar un legado duradero en sus comunidades. “[...] La mujer escapa a través de su emprendimiento... escapa de la vida que a una no le gusta y la quiere mejor”.

Facilitadores del entorno

Para comprender las condiciones de un entorno propicio y favorable para el emprendimiento social femenino es importante identificar tanto a los facilitadores y potenciadores, como a los obstaculizadores y barreras que existen dentro del sistema; esto permitirá contribuir a la reformulación de los roles del ecosistema emprendedor social en México y crear propuestas que favorezcan las condiciones hacia un entorno más inclusivo y próspero.

Los facilitadores y potenciadores son estos aliados, factores y condiciones que nutren y promueven su crecimiento, que llevan a las mujeres emprendedoras sociales al éxito y contribuyen con visibilizar sus iniciativas. Entre estos facilitadores se encuentran las políticas de igualdad de género, junto con un aumento significativo en el apoyo de la iniciativa privada para la formación y capacitación, creando un marco propicio para el desarrollo de proyectos innovadores. Además, el creciente interés de los consumidores por productos y servicios con conciencia social y ambiental refuerza la demanda de emprendimientos responsables. Las organizaciones que premian la innovación social y las redes de apoyo colaborativas entre mujeres, junto a la influencia positiva de la familia y amistades, forman un ecosistema de apoyo vital. En este contexto, el trabajo social-colaborativo y las alianzas entre mujeres no sólo facilitan el posicionamiento de sus iniciativas, sino que también destacan el encanto y la determinación de la mujer emprendedora que a menudo se autogestiona y abre nuevas oportunidades. “El propio encanto [de la mujer emprendedora] que ya se autogestionó [...] le permite crear una tribu”.

Obstaculizadores del entorno

Por otra parte, se encuentran los factores que obstaculizan el entorno del emprendimiento social, estas barreras limitan el potencial creando situaciones desafiantes a las que se enfrentan las mujeres en su día a día en su rol de emprendedoras. En ambos grupos focales se evidencia la brecha digital, en fuerte medida en zonas rurales y entre emprendedoras adultas y mayores, dificultando su acceso a herramientas y conocimientos necesarios para competir en el mercado. Las políticas públicas actuales no respaldan adecuadamente el ecosistema emprendedor mexicano, dejando a muchas mujeres sin el apoyo necesario para prosperar. La precariedad de recursos y la falta de acceso a financiamiento, junto con la burocracia que obstaculiza el acceso no están proporcionando condiciones favorables para que las mujeres obtengan apoyo económico, lo que las empuja a permanecer en la informalidad o a desarrollar emprendimientos desde casa, sin oportunidades de escalabilidad, lo que agrava aún más esta situación.

A esto se suman las barreras culturales que, en algunas comunidades, limitan la participación de la mujer en el ámbito empresarial, generando resistencia tanto en la sociedad como en sus propios círculos familiares. La desigualdad de género persiste como un factor estructural que restringe las oportunidades de las mujeres para formar alianzas que fomenten la innovación y el crecimiento, perpetuando un ciclo de limitaciones que es urgente romper. “[...] Las mujeres, cuando emprenden, no escapan de una realidad, sino que están resistiendo a un modelo económico, político y un techo de cristal”.

Oportunidades y desafíos para emprender

Como parte del análisis del entorno en el que se gestionan los proyectos e iniciativas de las emprendedoras sociales, fueron analizadas también las oportunidades y los desafíos con el objetivo de comprender qué fomentar para ayudar a construir un ecosistema más equilibrado, justo y sostenible.

En el ámbito tecnológico, la proliferación de plataformas digitales y herramientas de comunicación ha permitido a estas mujeres acceder a mercados globales, fomentando la innovación y la colaboración; sin embargo, el acceso limitado a financiamiento y capacitación en habilidades digitales sigue siendo un obstáculo significativo principalmente para las generaciones de mayor edad. Desde el punto de vista legal, aunque se han implementado políticas que promueven la igualdad de género y el apoyo a empresas sociales, la burocracia y la falta de información sobre los derechos y recursos disponibles dificultan su aprovechamiento efectivo.

En el ámbito social, las emprendedoras enfrentan una falta de reconocimiento de su impacto lo que obstaculiza su avance. Se enfatiza que el contexto económico mexicano, marcado por la informalidad y la desigualdad, presenta tanto retos como oportunidades para innovar en modelos de negocio que aborden problemáticas sociales y medioambientales.

A medida que las mujeres navegan por este complejo ecosistema, su capacidad para adaptarse y superar barreras es crucial para transformar, no sólo sus vidas, sino también las de sus familias y sus comunidades. “Es ver a las mujeres en su territorio y en la defensa de la tierra y de su cultura”. “El impacto social no es un tema de mención, es un indicador que se genera a partir de conocer el territorio [...] y quiénes son las expertas (que conocen su territorio) son las mujeres que están en los territorios”.

Discusión

El desarrollo de competencias emprendedoras femeninas permite enmarcar el análisis realizado en la investigación y abre la reflexión sobre las competencias ciudadanas como elementos de comparación, al reconocer que la educación, en

tanto ente transformador de la realidad social y constructor de ciudadanía (Rangel, 2022), contribuye a la generación de conciencia y responsabilidad social, así como a la acción y participación cívica. Punto de encuentro que se identifica con las competencias emprendedoras femeninas.

Es innegable la necesidad de ir hacia un paradigma distinto que combine crecimiento económico con bienestar y buen vivir. La construcción de ciudadanía global guarda relación con construcción de competencias emprendedoras femeninas en tanto que, ambas, constituyen un puente para la generación de conciencia y responsabilidad social, elementos sustanciales en los emprendimientos sociales. Y en ese sentido, es importante considerar los distintos marcos interpretativos que, por un lado, refieren al fracaso de la globalización y sus claroscuros, considerando propuestas a soluciones centradas en lo local; o bien los que miran desde un enfoque global-cosmopolita basados en la Agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Siendo este último el enfoque desde el cual se aborda la educación para la ciudadanía global y desde donde se enmarcan compromisos internacionales orientados a la solidaridad, la lucha contra la pobreza y la desigualdad como parte de las agendas políticas (Mesa 2019), marcos bajo los cuales se realizan los emprendimientos en las distintas latitudes.

Proponer el emprendimiento social femenino como una estrategia de construcción o formación de ciudadanía responsable implica la incursión disruptiva e impregnada de una nueva feminidad que desafía las condiciones preestablecidas y que está impactando en la manera de emprender (Miranda Sánchez et al., 2023), como una manera de poner en práctica las competencias ciudadanas que, en su caso, se están edificando desde las instituciones educativas –principalmente las instituciones de educación superior– al favorecer, desde los emprendimientos sociales femeninos, el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

El emprendimiento social se ha consolidado como un medio para transformar problemáticas sociales en soluciones sostenibles. Las mujeres emprendedoras –a través de su resiliencia, empatía, creatividad y compromiso social– generan un impacto positivo en sus comunidades, desafiando las normas y expectativas tradicionales. Este análisis se basa en la premisa de que el empoderamiento femenino y el emprendimiento social son esenciales para la construcción de una ciudadanía global que promueva la equidad y la justicia social.

El trabajo de emprendimiento de las mujeres en el sur-sureste y centro de México no sólo es una fuente adicional de desarrollo económico, sino que las mujeres están promoviendo una verdadera ciudadanía activa. A las “polinizadoras” del emprendimiento femenino (así son llamadas en la Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales) se les otorga no sólo el concepto de éxito en los negocios, sino también la transición a la solidaridad y la responsabilidad social. Su contribución no sólo es un

recurso adicional para muchas comunidades, sino que también se convierte en un modelo al que se pueden adaptar regiones con un desarrollo económico débil.

Conclusiones

Este capítulo integra resultados principales del análisis de contenido de dos grupos focales de Nodo México de la Red Mujer[ES] Emprendedoras Sociales, ubicados en sur-sureste y centro del país. Estos grupos focales integraron a 12 mujeres, académicas y científicas, que funcionan como “puente” y “polinizadoras” en sus territorios contribuyendo con el fortalecimiento del emprendimiento femenino de impacto social. Fueron exploradas cualidades de la mujer que emprende, enfatizando en sus competencias principales, facilitadores-obstaculizadores del entorno y oportunidades-desafíos para emprender con impacto social.

Los obstáculos más importantes se centran en acceso limitado a financiamiento, insuficiente capacitación en habilidades digitales, excesiva burocracia y la falta de información sobre los derechos y recursos disponibles que dificultan su aprovechamiento, falta de reconocimiento, informalidad y desigualdad. A pesar de ello, hay que resaltar la fortaleza emocional y la capacidad de respuesta y acción ante la adversidad, lo que aumenta la empatía de las mujeres que emprenden y la creatividad e innovación en sus propuestas con impacto social. La colaboración, el respeto, la apropiación cultural y su visión de búsqueda para atender las grandes necesidades sociales son factores que marcan sus liderazgos y emprendimientos. Resalta la pasión y la convicción de las mujeres por impulsar proyectos que impacten comunidades y familias; así como el gran interés y compromiso por generar cambios positivos y prosperidad económica en sus localidades, regiones y territorios.

Cabe resaltar que hay insuficiente evidencia en América Latina de investigaciones que vinculen emprendimiento femenino con el desarrollo de competencias para una ciudadanía global, social y solidaria, futuras líneas de investigación podrían ampliar los resultados de esta investigación, integrando las voces de las actoras sociales, sus familias y comunidades.

Para construir una ciudadanía global, social y solidaria, las competencias emprendedoras de las mujeres en México son fundamentales. El fomento al emprendimiento y al alcance de su potencial es relevante, ya que este se vuelve un apoyo fundamental para la aplicación de un cambio social y económico de transformación para las comunidades. Las inversiones en formación y en la optimización de las condiciones necesarias para el emprendimiento social femenino son esenciales para extender el alcance de este u otros tipos de emprendimiento social activo y, así, contribuir hacia un futuro más equitativo y solidario en la construcción de una ciudadanía global, social y solidaria. El emprendimiento social no sólo es un motor de la economía, sino también un importante pilar de transformación social con miras a la construcción de ciudadanía global, social y solidaria.

Referencias

- Aignerren, M. (2002). La técnica de recolección de información mediante los grupos focales. *La Sociología en sus Escenarios*, 0(6).
- Acosta-Medina, J. K., Torres-Barreto, M. L., Álvarez-Melgarejo, M., & Paba-Medina, M. C. (2019). Desarrollo de competencias ciudadanas en Colombia y en el mundo: contexto actual y estrategias empleadas. Working paper del Grupo de Investigación Finance and Management Escuela de Estudios Industriales y Empresariales Universidad Industrial de Santander Bucaramanga, Colombia <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18390.80962>
- Calanchez Urribarri, A., Chávez Vera, K, Padrón Medina, A., & Sulbaran, D. (2022). Competencias emprendedoras y espíritu empresarial en la nueva era feminista: Una revisión literaria. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 24(3), 643-658.
- Flores-Novelo, A., Bojórquez Carrillo, A., & Cuadrado Barreto, G. (2021). Driving and restraining forces of female latin american entrepreneurship. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 23(3), 668-691.
- Gálvez-García, R., & Suárez-Ortega, M. (2021). Mujeres emprendedoras. Experiencias vividas a partir de historias de vida. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 14(Especial), 89–99.
- García Rodríguez, J. F., Pineda Celaya, L. del C., Martínez-Pérez, L., Armenta Ramírez, A. B., & Velandia Pacheco, G. (2024). Actitud emprendedora de la mujer rural frente a la desigualdad de género en post pandemia. *UVSERVA*. (17), 121-135. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi17.2958>
- Mesa, M., (2019). La Educación para la Ciudadanía Global: Una apuesta por la Democracia. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 2019, 8(1), 15-26. <https://doi.org/10.15366/riejs2019.8.1.001>
- Lagarde, M. (1999). Memoria del Taller: Claves feministas para liderazgos entrañables. Managua, Nicaragua.
- Merton, R y Kendall, P. (1946). The Focused Interview. *The American Journal of Sociology*, 51(6), 541-557.
- Miranda Sánchez, J., Sandoval Caraveo, M., & Berttolini Díaz, G. (2023). Competencias emprendedoras de la mujer en el contexto mexicano. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 25(1), 52-70.
- Rangel, H.G (2022). Análisis comparativo de las orientaciones de la ciudadanía global en las Instituciones de Educación Superior Mexicanas. *Universita Ciencia*. Año 10. Número Especial Doctorado en Educación. 36-62.
- Rangel-Ramírez, H.G. y Rangel-García, A. E., (2021) Diseño y Evaluación conjunta del curso Pensamiento Global como estrategia de internacionalización del currículo. *Reimaginar la internacionalización del currículo*. (2021) Leask, B., Torres-Hernández, A. M., Bustos-Aguirre, M.L., De Wit, H., Universidad de Guadalajara. 321-344.
- Sánchez Tarrillo, S. J., & Aguinaga Vásquez, S. J. (2021). Formación de competencias

ciudadanas para responder a un mundo global. *Educare et Comunicare: Revista de Investigación de la Facultad de Humanidades*, 9(2), 3- 42.

Silva Peralta, Y.F., & Rompato, M.E. (2020). Perfil psicosocial de la mujer emprendedora. Un análisis cualitativo y local. *Revista EAN*, (88), 145-164.

**PLANEACIÓN URBANA Y TERRITORIAL;
CIENCIAS Y TÉCNICAS DE LA AI,
CIENCIA DE DATOS Y DESARROLLO DE
*SOFTWARE***

Propuestas de planeación estructural y de gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos metropolitanos: caso de estudio Xalapa y Emiliano Zapata, Veracruz, México

Proposals for structural planning and management of urban solid waste and metropolitan water resources: case study of Xalapa and Emiliano Zapata, Veracruz, Mexico

Desiree Carrillo Valdivia¹ y Darío Fabián Hernández González²

Resumen: Este capítulo analiza la gestión de residuos sólidos urbanos (GIRSU) y los recursos hídricos en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata, Veracruz. Se expone el desafío que representa el crecimiento urbano desmedido y con baja planificación en la calidad y accesibilidad de estos servicios esenciales. Mediante la revisión de literatura y el análisis de datos se diagnostica la situación actual marcada por ineficiencias en la infraestructura, limitada participación ciudadana y contaminación. Por ello, se proponen estrategias integrales para mejorar la GIRSU y la gestión del agua, incluyendo la recolección diferenciada y la valorización mediante compostaje, reciclaje y producción de biogás, así como la reducción de fugas, la diversificación de fuentes y la protección de cuencas como los ríos Huitzilapan y Pixquiac. La investigación establece indicadores ambientales ligados a los ODS de la Agenda 2030, buscando una planeación estructural que avance hacia la sostenibilidad urbana en la región.

Palabras clave: GIRSU, recursos hídricos, planeación.

Abstract: This chapter analyzes the Integrated Waste Management System (IWMS) and water resources in the metropolitan area of Xalapa and Emiliano Zapata, Veracruz. Here, the challenge posed by unmeasured and poorly planned urban growth is exposed and related to the quality and accessibility of these basic services. Through a literature review and data analysis, the current situation is diagnosed, marked by infrastructure inefficiencies, limited citizen participation, and pollution. Consequently, comprehensive strategies are proposed to improve IWMS and water distribution, including waste classification and valorization through composting, recycling, and biogas production, as well as leakage reduction, source diversification, and the protection of water sources such as the Huitzilapan and Pixquiac rivers. This research establishes environmental

¹ Doctoranda en Investigaciones Económicas y Sociales del Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana. descvaldivia@gmail.com / zS21023755@estudiantes.uv.mx. ORCID-ID: 0000-0003-3449-4988.

² Doctor en Economía e Investigador de TC en el Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana. darhernandez@uv.mx. ORCID-ID: 0000-0003-1471-6205.

indicators linked to the 2030 Agenda for Sustainable Development, seeking to establish the urge for structural planning that advances urban sustainability in the region.

Keywords: IWMS, water resources, planning.

Introducción

El crecimiento constante de las zonas metropolitanas en el mundo ha generado desafíos significativos en la gestión de los recursos naturales y la provisión de servicios básicos; sin embargo, los retos son aún mayores al tratarse de ciudades que crecen exponencialmente de manera desmedida, sin planificación clara y de manera desestructurada como es el caso de muchas en Latinoamérica. Entre los desafíos más grandes se encuentran la gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU¹) y la disponibilidad de los recursos hídricos suficientes y los servicios de calidad que se proporcionan para manejar y distribuirlos.

En este contexto, este capítulo se enfoca en el análisis de la situación actual y la propuesta de estrategias de planeación estructural y gestión para abordar la problemática que representan la falta de calidad y de accesibilidad como es el caso de municipios como Xalapa y Emiliano Zapata, que forman parte de la zona metropolitana de Xalapa, en el Estado de Veracruz, donde se demanda atención urgente y soluciones innovadoras.

El objetivo principal de este texto es el de desarrollar un conjunto de propuestas integrales que permitan mejorar la eficiencia en la gestión de los RSU y garantizar la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos para los habitantes de Xalapa y Emiliano Zapata cuya interrelación es innegable debido a la constante contaminación que sufren las fuentes de agua que proveen del líquido a los municipios de los que se habla, así como del estrés hídrico que se sufre en los mismos derivado de la contaminación y del cambio climático.

Para alcanzar este objetivo, se ha empleado una metodología que combina la revisión de literatura especializada, el análisis de datos existentes sobre la generación y gestión de residuos y recursos hídricos en la región, y la identificación de casos de éxito a nivel nacional e internacional que puedan ser adaptados al contexto local.

Los hallazgos principales revelan la existencia de desafíos significativos en ambos municipios en términos de infraestructura, eficiencia operativa y participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos.

¹ En el extenso del texto se hará uso de estas siglas y, en su caso, de las siglas RSU como “residuos sólidos urbanos”.

La problemática central que se aborda en este capítulo se manifiesta en la creciente generación de RSU, la limitada capacidad de los sistemas actuales de recolección, tratamiento y disposición final, y la escasez cada vez más acentuada de recursos hídricos, especialmente en el municipio de Xalapa, enmarcada en el contexto del crecimiento urbano acelerado, desproporcionado y de poca planeación; a la vez que se toman en cuenta los cambios en los patrones de consumo y en la huella de la sociedad traducida en efectos de cambio climático que de manera directa afectan la obtención de recursos suficientes e indispensables para la subsistencia. Ante ello, la situación particular de Xalapa y Emiliano Zapata, municipios estrechamente interdependientes funcional y territorialmente, requiere un enfoque metropolitano para la planificación y gestión de sus recursos y servicios.

A lo largo de este capítulo se exploran conceptualizaciones cuyo fundamento se encuentra en principios de áreas metropolitanas y planificación urbana de Manuel Castells, planificación y gobernanza de Carlos de Mattos, planificación estratégica e indicadores de desempeño de Marianela Armijo, gestión integral de residuos sólidos conforme a la norma ISO 14001 y las NOM 083 y 098 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), transformación de ciudades hacia modelos sustentables así como economía circular de Herbert Girardet y Walter Stahel, así como la gestión integrada de recursos hídricos en esos contextos. Asimismo, se destaca la relevancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y se considera la influencia de los cambios generacionales en la percepción y las prácticas relacionadas con la sostenibilidad urbana.

Los resultados se presentan a manera de resultado diagnóstico en el que se detalla la situación actual de Xalapa y Emiliano Zapata con respecto a las deficiencias, los retos y las oportunidades en la GIRSU, así como respecto a la gestión y el abastecimiento de los recursos hídricos. A partir de este, se desarrollan una serie de indicadores ambientales fundamentados en cinco ODS cuidadosamente seleccionados con la finalidad de realizar una primera propuesta integral que se pretende ampliar en futuras publicaciones, y en la cual se da cuenta de las posibilidades en la mejora de los sistemas de recolección y gestión de los residuos que existen actualmente, así como la producción de biogás, la reactivación de plantas de tratamiento, y la optimización de la gestión del agua.

En el apartado de discusión se profundiza en los aspectos más relevantes de los principales hallazgos, así como un análisis de la viabilidad y el potencial impacto de las propuestas en lo local. A partir de ello, se exponen las conclusiones en las que se resaltan las implicaciones en términos de políticas públicas y se establecen las líneas de investigación que, como se mencionó anteriormente, se pretenden desarrollar más adelante.

Análisis inicial: comprendiendo la problemática y el contexto

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y la escasez de recursos hídricos representan desafíos cuya atención es primordial y urgente para la sostenibilidad de las ciudades actuales, y los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata no pueden ser la excepción. La creciente generación de RSU, impulsada por patrones de consumo insostenibles y el crecimiento demográfico, ejerce una presión considerable sobre los sistemas de recolección, tratamiento y disposición final existentes.

La GIRSU en la ZM de Xalapa-Emiliano Zapata

Según cifras de INEGI (En números, documentos de análisis y estadísticas, 2021, págs. 39-41) en el Estado de Veracruz, la generación de RSU asciende en promedio a 0,7 kilogramos per cápita, posicionándonos en el sitio 20 (cuatro lugares delante del Estado de México). Si bien dicha posición no parece ubicarnos entre los primeros lugares como se reportaba en 2017² en generación de RSU, sí nos ubica en el segundo cuartil de los 32 Estados del país entre los que representan la mediana de los promedios, lo cual resulta preocupante y refleja la actualidad de la vida urbana tan necesitada de servicios eficientes de recolección de RSU, pero aún más de la adecuada gestión y disposición de éstos en el territorio veracruzano.

A este respecto, el INEGI realizó dos estudios³ sobre la producción de RSU en el Estado durante 2019 con estándares de la NOM-AA-61-1985, uno en 2020 y otro en 2022. Ambos estudios arrojaron resultados diferentes: mientras que el estudio de 2020 determinó que en el Estado se generaban 0.88 kilogramos per cápita al día, el de 2022 reportó un aumento considerable de 1.097 kilogramos, es decir, casi 0.3 kilogramos más de lo que inicialmente reportaron.

La diferencia mencionada puede reflejar no solo que la gestión de RSU desde su recolección hasta su disposición final no se realiza de manera regular en todos los municipios e incluso podría argumentarse que existen zonas dentro de esos (municipios) o comunidades en los que la recolección es nula por parte de los gobiernos locales, lo que representa un serio problema a nivel nacional derivado de la mala disposición de los RSU por parte de los habitantes, contaminando caminos, bosques, ríos y sus propias comunidades, generando además problemas de salud entre ellos.

En la ciudad de Xalapa, el crecimiento poblacional entre 2000 y 2020 fue más o menos constante, con un aumento de 97,941 personas, en promedio un 32 % cada quinquenio, como se puede observar en la tabla 1. que se presenta a continuación:

2 Según cifras de la SEMARNAT..

3 Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales en la Ciudad de México 2023 y 2021, en <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2023>

Tabla 1. Población de los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata según cifras de los censos de población

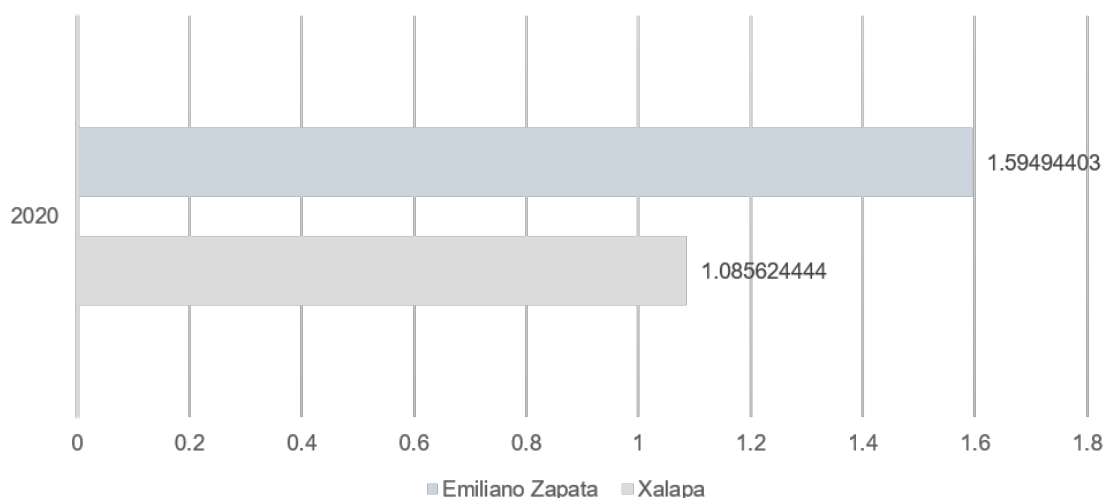
Municipio	2000	2005	2010	2020
Xalapa	390,590	413,136	457,928	488,531
Emiliano Zapata	44,580	49,476	61,718	85,489

Elaboración de los autores con base en cifras de los Censos de Población y Vivienda de INEGI

Xalapa, con una población de 488,531 habitantes en 2020 según cifras del INEGI,⁴ diariamente genera entre 340 y 450 toneladas de residuos, es decir, alrededor de 13,5 mil toneladas al mes y 162 mil al año. En tanto, Emiliano Zapata genera aproximadamente 19.3 mil toneladas anuales, 1,6 toneladas mensuales y 53.6 toneladas diarias, cifras que reflejan el amplio margen entre ambos municipios a razón de la densidad demográfica, los hábitos de consumo y los sitios de consumo.

Gráfico 1. Generación de residuos sólidos urbanos per cápita durante 2020

KILOGRAMOS DIARIOS POR HABITANTE



Elaboración de los autores tomando como referencia las cifras calculadas de generación de RSU en Xalapa y Emiliano Zapata

La cantidad de residuos generados está compuesta en gran parte de materiales orgánicos compostables y reciclables que terminan en el relleno sanitario «El tronconal» en lugar de procesarse para obtener de ellos, cuando menos, un beneficio y con ello haciendo que la vida útil del relleno sanitario se vea comprometida al casi alcanzar su capacidad máxima y por la falta de compromiso gubernamental y social en la implementación y el seguimiento de estrategias de valorización de los residuos y reducción de los desechos que ahí se vierten.

4 México en cifras, INEGI, en: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas>.

La inadecuada gestión de los RSU no solo plantea problemas de espacio y viabilidad de uso del relleno sanitario, sino que también genera impactos ambientales negativos como la contaminación del suelo y el agua por lixiviados, la emisión de gases de efecto invernadero (como el metano) y problemas de salud pública asociados a la proliferación de vectores.

Apesar de que existen iniciativas para incentivar a la población a disponer correctamente los residuos a la vez que busca prevenir la contaminación en el entorno (SEDEMA, 2024) como el programa «Reciclón, Región Capital Xalapa, Veracruz» de la Secretaría de Medio Ambiente estatal, que ha logrado recolectar grandes cantidades de RSU y de manejo especial como pilas, aceite vegetal, electrónicos y llantas, entre otros, sigue existiendo la necesidad de un sistema verdaderamente integral y permanente que aborde la gestión de residuos desde la prevención hasta la valorización.

La afectación hídrica: gestión, provisión y contaminación

De forma paralela a los grandes retos que representa la gestión de residuos sólidos en Xalapa y Emiliano Zapata, lo que inicialmente se consideraban hechos aislados y se atribuían a presiones de grupos pequeños que bloqueaban el abasto de agua, es decir, la cada vez más intolerable escasez de recursos hídricos en la zona metropolitana se ha convertido en crisis especialmente en Xalapa. La capital del Estado ha venido experimentando periodos prolongados de desabasto del líquido, afectando la vida cotidiana de sus habitantes no solo en la privacidad de sus hogares, sino que el descontento se ha trasladado a las calles generando protestas sociales (Castillo, 2024).

El suministro de agua de Xalapa depende principalmente de fuentes superficiales como los ríos Huitzilapan y Pixquiac (López Beltrán, 2024), así como de algunos manantiales cuyos caudales han ido disminuyendo drásticamente debido al cambio climático, la deforestación y el crecimiento urbano voraginoso, mismo que trae consigo el factor de contaminación directa o indirecta por desechos. Además, se estima que entre el 30 % y el 50 % del agua distribuida se pierde debido a fugas en la infraestructura, lo que agrava aún más la situación (Luna Escudero, 2025).

En Emiliano Zapata, aunque la problemática de escasez hídrica no es tan severa como en Xalapa, también se enfrentan desafíos en el suministro especialmente en zonas conurbadas con la capital como el fraccionamiento Terranova. En esta zona, se ha reportado la falta de agua por hasta dos años a pesar de que el organismo municipal de aguas de Xalapa, la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS), y el desarrollo inmobiliario tienen un convenio de abastecimiento del líquido, CMAS se niega a brindar el servicio lo que genera tensiones que se abonan al descontento general entre la población de la zona metropolitana.

Lo que para Carlos de Mattos en 2010 representaba la problemática de los países de la periferia posterior a la crisis de 1929, la urbanización acelerada y el aumento en la migración interna a raíz de la integración económico-territorial que estos países habían tomado de los de centro a través de la imitación de sus políticas públicas de corte keynesiano (Globalización y metamorfosis urbana en América Latina), es precisamente la afectación que se vive hoy en tantas ciudades del país, entre las cuales se encuentra naturalmente Xalapa, esto a pesar de fundamentarse en los primeros intentos de planificación para hacerse de centros económicos y sociales organizados (en el contexto europeo postcrisis).

La problemática generalizada está enmarcada en el proceso de urbanización pobremente planificada de la zona, expandiendo la mancha urbana hacia nuevos asentamientos de viviendas multifamiliares que rápidamente se habitan ya sea por nuevas familias, por estudiantes, por profesionistas en proceso de independización y/o por población flotante, lo cual genera una presión aún mayor sobre los escasos recursos naturales de Xalapa y Emiliano Zapata y la capacidad de los servicios públicos para ser provistos en forma inmediata y de calidad.

La planeación que tanta falta le hace a Xalapa debe ser integral y prospectarse a largo plazo, de modo tal que no solo promueva desarrollos urbanos socioeconómicamente sustentables de manera coordinada, es decir, que contengan viviendas, centros de comercio y esparcimiento, servicios básicos adecuados y de calidad, sistemas de captación de agua y tratamiento, así como el uso energías limpias por mencionar las necesidades más inmediatas; sino que además conlleve la aplicación de políticas de reforestación y de cuidado y protección de la naturaleza y los recursos a manera de reducir el impacto ambiental, además ha de considerarse en las planificaciones la interdependencia que guardan Xalapa y Emiliano Zapata con respecto a los recursos hídricos principalmente.

Tejido urbano sostenible

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de Estocolmo en 1972 en la que se proclamó el derecho humano a un medio ambiente adecuado, sentó las bases para la reflexión sobre la sostenibilidad urbana. No obstante, la traducción de este derecho en realidades tangibles plantea desafíos colosales. Debido a que la elaboración de propuestas efectivas para la planeación estructural y la gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata requiere una sólida fundamentación teórica que abarque diversos campos del conocimiento, la conceptualización de un «tejido urbano sostenible» se hace necesaria.

Presentado como un ejercicio de gran complejidad, la búsqueda por un tejido urbano sostenible supera con creces la simple representación visual ya que en su centro

convergen conceptos interdependientes: la calidad de vida y ambiental, la satisfacción integral de necesidades, la planificación y el desarrollo sostenibles, la funcionalidad del sistema urbano, la sustentabilidad a largo plazo y la regeneración del entorno habitado. La complejidad se incrementa al considerar las dinámicas de la acción humana en el espacio habitable y habitado permeadas por las diversas perspectivas de los grupos etarios, lo que demanda un enfoque holístico e inter y transdisciplinario para la planificación y gestión urbana. Por ello, en este apartado se abordan en primer lugar algunas de las convergencias al interior del término propuesto, proveyendo el primer vistazo a la definición y hacerla cuando menos evidente.

Planeación, urbanización y viabilidad.

La planeación estratégica, específicamente en lo que respecta a lo urbano-ambiental, se confiere como un proceso fundamental en la consecución y el logro de metas para el desarrollo sostenible. En esta tónica, la planeación urbana sostenible deviene en una necesidad en el contexto de la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata debido a las necesidades inherentes a cada municipio, así como a las intersecciones urbanísticas y de servicios de las que se habló en el apartado anterior de este capítulo.

Esta planeación requiere de herramientas que le permitan evaluar el estado del medio ambiente y también de la voluntad de las personas –sean estas parte del sector público encargado del desarrollo de los municipios, del sector educativo o las personas que en ellos habitan, para su implementación en desarrollos urbanos ambientalmente responsables, equilibrados, eficientes y sostenibles que se traduzcan en políticas públicas, planes y programas que orienten la organización del espacio, la distribución de las actividades, la inversión en infraestructura y la accesibilidad de las personas a servicios suficientes y de calidad, espacios de confluencia y generación económica, así como de compromiso social (de Mattos, 2010). Particularmente, en el caso de la zona metropolitana de Xalapa, y en el caso de este municipio y el de Emiliano Zapata, el fracaso constante de las políticas de gestión de residuos y del agua han originado grandes descontentos y la necesidad de replantearlos desde una base de desarrollo local.

La insatisfacción de la población de Xalapa y Emiliano Zapata se refleja en el constante rechazo a las obras públicas de gran parte de sus poblaciones no por sus beneficios sino por sus afectaciones constantes, la resistencia a medidas de separación básica de desechos desde el hogar derivado de una mala implementación de la política por parte del municipio⁵ (Falta cultura de separación y reciclaje de basura, 2019) y las quejas constantes sobre el suministro de agua potable por parte de la Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS) que provee del líquido a ambos municipios.

5 Durante 2018, la política de separación de RSU desde casa implementada por el H. Ayuntamiento de Xalapa presentó gran resistencia por parte de la población al no ser orientados y, en su lugar, ser coaccionados a realizarla por parte de las autoridades.

Para orientar un proceso de replanteamiento desde la base (Polèse, 1998, págs. 241-244) mediante una planeación que logre cumplir con los objetivos básicos de mejora en la GIRSU y la distribución de agua potable entre la población, alcanzando un estado de satisfacción, es requisito contar con indicadores ambientales cuya profundidad refleje la necesidad y utilidad que permitan medir el progreso de las políticas para así poder tomar decisiones más informadas ya sea en la consecuencia del curso de acción, o en el cambio de éste. En su construcción, el cambio implica redefinir constantemente lo que implica alcanzar ese estado de satisfacción y para quienes, ello por su característica inherentemente multivariable y multidimensional.

La implicación de alcanzar un estado de satisfacción es multidimensional y multivariable. Comprender las diferencias entre grupos de personas es, en gran medida, un aspecto in implica comprender sus orígenes y motivaciones (migratorios), perspectivas y expectativas más que solo sus necesidades particulares. Para ello, se habrá de analizar su heterogeneidad y establecer puntos de encuentro y expectativas comunes que ayuden a la mejora de las políticas públicas y sus procesos de planteamiento. Sin embargo, tal análisis requiere de grandes voluntades y acciones cuya trazabilidad en el corto plazo es difusa si no se cuenta con un plan específico para tal fin y que supere las menciones en los planes municipales de desarrollo.

Sostenibilidad normativa

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) se fundamenta en la jerarquía de gestión de residuos priorizando la prevención, reducción, reutilización (economía circular), el reciclaje, la valorización y, en última instancia, la disposición final adecuada. Un sistema de GIRSU eficiente debe abarcar todas las etapas del ciclo de vida de los residuos, desde su generación hasta su disposición final, involucrando a todos los actores relevantes, incluyendo a los ciudadanos, la universidad, las empresas y el gobierno.

Normativas como la ISO 14001 proporcionan un marco para la implementación de sistemas de gestión ambiental que incluyen el manejo adecuado de los residuos. En el contexto mexicano, publicada en 2004, ratificada en 2009 y modificada en 2013, la NOM-083-SEMARNAT-2003 establece diversas especificaciones que un sitio de disposición final (o relleno sanitario) debe tener para ser viable; asimismo, esta norma debe ser seguida por todos los Estados y municipios del país para la disposición de los RSU en el territorio.

En el marco de dicha NOM, el relleno sanitario del Tronconal se clasifica como de tipo A, subtipo A2 puesto que diariamente recibe alrededor de 450 toneladas de desechos sólidos, la categoría más elevada dentro de la norma, y siendo así debe ser capaz de realizar la compactación de los RSU mayor de 600 kilogramos/m². Este sitio de disposición final construido en 2002 debería ubicarse al menos a 500 metros de

distancia de zonas urbanas con más de 2500 habitantes, ello contado a partir del límite de la traza urbana, característica que no tiene a pesar de la expansión de 2021 y por la cual debió presentarse un plan de regularización, dato no encontrado.

Metodología del caso de estudio

La metodología aplicada en este capítulo se basa en un enfoque mixto que combina la revisión de fuentes documentales y el análisis de información secundaria para la comprensión del contexto y la problemática, así como la determinación de propuestas basadas en identificación de áreas de oportunidad conforme a la normativa vigente y la posible implementación de indicadores específicos estrechamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la A2030 que consideramos atendibles en el marco de la una GIRSU adecuada, la procuración de los recursos hídricos y los aspectos circundantes a ello (salud, educación, medio ambiente, sostenibilidad y acción climática).

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura especializada en temas de planeación estructural urbana, gestión integral de residuos sólidos urbanos, gestión de recursos hídricos, ciudades sustentables y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) contenidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Ella permitió establecer el marco teórico conceptual y normativo relevante para el estudio de caso de Xalapa y Emiliano Zapata. Se consultaron artículos científicos, libros, informes técnicos, documentos de política pública y normativas estatales, nacionales e internacionales.

En segundo lugar, se realizó un análisis detallado de la información secundaria disponible sobre la generación y gestión de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos en los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata mediante informes estatales y municipales, así como de legislación federal (Gobierno de México, 2003), estatal (Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2004) y municipal, noticias de prensa local, páginas web de los gobiernos municipales y estatales, y documentos académicos. Dicha información fue complementada con datos estadísticos provenientes de los Sistemas de Información de INEGI⁶ Esta información se complementó con datos estadísticos disponibles a nivel nacional y estatal sobre la generación, composición y gestión de residuos, así como sobre la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en los municipios del estudio de caso.

En cuarto lugar, se llevó a cabo una identificación y análisis de casos de éxito en la gestión integral de residuos sólidos urbanos y recursos hídricos tanto en México como a nivel internacional para identificar las estrategias, tecnologías y modelos de gestión que han demostrado ser efectivos y que podrían ser adaptados al contexto de Xalapa y Emiliano Zapata. Asimismo, para la selección de indicadores ambientales

⁶ Censo Nacional de Población, Sistema México en cifras y el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2023 y 2021, principalmente.

relevantes para ambos municipios, se analizaron los casos de estudio y los ejemplos propuestos por Gross y Hajek (Indicadores de calidad y gestión ambientales, 1998), con ello, finalmente, se procedió a la formulación de indicadores de gestión de RSU y de recursos hídricos estableciendo su relación con ODS y metas específicas para mejorar la planeación estructural en la zona metropolitana.

Análisis de la situación actual

El análisis de la situación actual en Xalapa y Emiliano Zapata revela una serie de desafíos interconectados en la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y de los recursos hídricos. En primera instancia, en cuanto a la GIRSU, ambos municipios comparten el uso del relleno sanitario de El Tronconal, ubicado en Xalapa. Como ya se mencionó al principio del capítulo, la ciudad de Xalapa genera diariamente entre 340 y 450 toneladas de RSU, mientras que Emiliano Zapata aporta alrededor de 53 toneladas diarias.

En la ciudad de Xalapa, la recolección de estos residuos corresponde a la Dirección de Limpia Pública del municipio y, a pesar de contar con distintos tipos de recolectores, estos no son suficientes para lograr una recolección diaria, provocando que en algunas colonias pasen días para que ello suceda o que el servicio sea permanentemente intermitente lo cual provoca acumulación de basura en calles y avenidas, en cuyos casos los recolectores informales, popularmente conocidos como pepenadores, cuya función el municipio no ha sabido aprovechar.

En el caso de Emiliano Zapata, la recolección es cubierta en casi un 90 %, aunque parte de los residuos termina en basureros públicos o es quemada lo cual afecta más al medio ambiente. Tanto en Xalapa como en Emiliano Zapata, se han implementado iniciativas de reciclaje como el «Reciclón» así como centros de acopio permanentes, respectivamente, pero la participación y el impacto aún son limitados.

La composición de estos residuos incluye una alta proporción de materia orgánica que, según datos municipales, en todo Xalapa son alrededor del 51 % de sus desechos y tan solo la Central de Abastos genera cerca de 40 toneladas de este tipo de RSU diariamente (H. Ayuntamiento de Xalapa, 2025). Materiales reciclables como plásticos, papel, cartón vidrio y metales también forman parte de los desechos que se vierten, sin embargo, solo una pequeña fracción de este tipo de residuos es aprovechada ya sea para reciclaje o para su reutilización perdiéndose con ello potenciales ingresos y aumentando la basura que ingresa diariamente a un relleno sanitario que hace mucho superó sus capacidades viables.

La infraestructura para el tratamiento de residuos en la zona metropolitana es incipiente, y la cultura de separación de RSU, compostaje, y captación de aguas pluviales es

escasa. Por ello, el municipio de Xalapa mediante la convocatoria «Proyectos para el fomento ambiental 2023» lanzada por la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) Estatal, implementó una suerte de parque sustentable llamado «aula agroecológica» (H. Ayuntamiento de Xalapa, 2024) en el «Área Natural Barranca Honda» para proveer de un nuevo «pulmón» a la ciudad con diversos sistemas como de recolección de aguas pluviales, baños secos, entre otros; en el lugar, las familias y los niños pueden realizar diversas actividades al aire libre y apoyar aprendiendo en los proyectos de cultivo, lombricomposta y demás. Sin embargo, a pesar de los beneficios a nivel informativo que puede implicar un recinto como el establecido, poco hace por resolver los problemas de gestión de residuos y de recursos hídricos en Xalapa.

Proyectos como el del ecoparque y ecomercado de la cooperativa «El bosque de Don Roberto» en la ciudad de Xalapa (Castilla Arcos, 2020) representa una alternativa en la cual es posible aprender más métodos de conservación, gestión, construcción y captación de recursos sostenibles, a la vez que intentan proteger uno de los pocos pulmones vivos no artificiales del municipio.

En cuanto a los recursos hídricos, Xalapa enfrenta una grave crisis de desabasto que se ha ido acrecentando en los últimos años; no solo inciden las subidas de temperatura sino también las gestiones del municipio de Xalapa y la irregularidad en sus distribuciones pues algunas zonas sufren cortes del suministro de tres semanas o más de manera constate aun cuando la época de estiaje no haya iniciado.

La ciudad depende principalmente de fuentes superficiales como el río Huitzilapan en un 58 %, el río Pixquiac en un 38.2 % y siete manantiales que representan el 4 %, fuentes que han perdido volumen en los años recientes derivado de la deforestación, el cambio climático, el desvío de agua y las gestiones realizadas, entre las que se encuentran la pérdida de un porcentaje variable de entre el 30 y el 50 % del líquido por fugas en la red de distribución. La Comisión Municipal de Agua y Saneamiento (CMAS) de Xalapa opera 41 tanques de almacenamiento y ocho fuentes de abastecimiento que resultan insuficientes para cubrir la demanda de la población.

El caso de Emiliano Zapata tiene una situación hídrica ligeramente diferente, ya que no cuenta con fuentes superficiales importantes dentro de su territorio ni de la infraestructura necesaria para proveer del líquido a todo su municipio, por ello dependiendo en gran medida de un convenio de colaboración para el suministro de agua a varias colonias y fraccionamientos con CMAS Xalapa; a cambio, Xalapa recibe el 35 % de la recaudación por los servicios de drenaje y alcantarillado prestados en Emiliano Zapata. Sin embargo, este convenio ha generado controversia debido a la crisis hídrica en Xalapa y a la creciente demanda en Emiliano Zapata, especialmente por nuevos desarrollos inmobiliarios como «Terranova» (Castillo, 2024) donde la inconformidad de los habitantes ha escalado al punto de establecer plantones y cerrar

oficinas de CMAS Xalapa, así como declaraciones del municipio de Emiliano Zapata sobre la exigencia de cumplir con los contratos y el suministro pactados.

Respecto al tratamiento de aguas residuales, se cuenta con dos plantas de tratamiento de Xalapa ambas ubicadas en Emiliano Zapata: la PTAR I en El Lencero, que tiene una capacidad de tratamiento de 750 lts/s; y la PTAR II en Pacho Nuevo con 250 lts/s, utilizando ambos procesos biológicos de remoción de contaminantes.

Propuesta de sistema para la gestión mejorada

Fundamentado en el análisis de la situación actual y la teoría, la propuesta integral de mejora en la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y de recursos hídricos en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata de plantea a continuación.

Sistema de recolección de residuos sólidos urbanos más eficiente. Mediante la implementación de un sistema de recolección diferenciada obligatoria en origen para hogares, comercios e instituciones en ambos municipios basado en la separación de RSU en al menos tres tipos: orgánicos, reciclables (papel, cartón, plásticos, vidrio, metales) y no aprovechables tal como se realiza ya en algunas instituciones gubernamentales. Para tal fin, y para evitar la coacción que ha tenido malos resultados en el pasado, es necesario volver a la realización de campañas de sensibilización y educación ambiental dirigidas a la ciudadanía en las que se proporcione información clara sobre qué tipo de residuos deben depositarse en cada contenedor y cómo beneficia realizar dicha separación.

Un sistema mejorado de GIRSU. Se propone un modelo de GIRSU basado en los principios de la economía circular y la valorización de los residuos, en el cual se incluyen estrategias inspiradas en casos de éxito en México y algunos otros sitios del mundo, a saber:

Tabla 2. Estrategias posibles con base en casos de éxito

Estrategia	Descripción	Casos de éxito
Fomento del compostaje.	Implementación de programas de compostaje doméstico y comunitario, y centros de compostaje a mayor escala para procesar residuos orgánicos y producir abono de calidad.	Compost Crew (Morelia, México): Servicio privado de recolección de residuos orgánicos para compostaje en hogares y negocios (Ochoa González & Mack, 2021). Programas comunitarios de compostaje en EE. UU.: La EPA de EE. UU. destaca los beneficios de programas comunitarios que educan y empoderan a la población sobre el compostaje.

Impulso al reciclaje.	Fortalecimiento de programas de reciclaje mediante contenedores diferenciados, colaboración con recicladores urbanos e incentivos para la participación ciudadana.	Ecoce (México): Asociación civil sin fines de lucro impulsada por la industria de alimentos y bebidas que ha logrado una alta tasa de reciclaje de PET en México de un 56 % (Tecnología del plástico, 2021). San Pedro (Monterrey, México): Municipio que ha implementado la recolección separada de basura, aunque con algunos desafíos (Escaping worlds, 2021).
Aprovechamiento energético.	Exploración de tecnologías como gasificación o producción de Combustible Derivado de Residuos (CDR) para la fracción no reciclable, considerando viabilidad económica e impactos ambientales.	Planta de Carbonización Hidrotermal en Bordo Poniente (Ciudad de México, México): Planta que transforma residuos orgánicos en energía como hidrocarbón, agua rica en nutrientes y vapor (Mexico business news, 2024). Suecia: País con un alto porcentaje de residuos municipales convertidos en energía con casi el 50 % (EARTH.ORG, 2022)

Para que estas y otras estrategias resulten atractivas para los gobernantes y el público, es fundamental destacar los beneficios ambientales que tienen como la reducción de la contaminación, apoyo a la mitigación del cambio climático, la conservación de recursos naturales; así como de los económicos como generación de empleo, ahorro en disposición final, ingresos por valorización de materiales, entre otros, destacando especialmente los relacionados a la participación ciudadana y la mejora en la calidad de vida que potencia la creación de comunidades más resilientes.

Sistema de recolección de residuos para producir biogás. Se propone la implementación de un sistema específico de recolección de RSU orgánicos (provenientes de animales) para su procesamiento mediante digestión anaerobia y la producción de biogás. Este tipo de sistema es parte constante de las capacitaciones en materia de GIRSU que provee el CIESAS Golfo mediante sus diplomados, y que se podría operar de forma paralela al sistema de recolección diferenciada general.

Ya sea que los residuos orgánicos a los que se refiere esta propuesta sean recolectados periódicamente, o se implementen subsistemas de almacenaje en las calles (ya existen empresas que promueven biodigestores urbanos) o mediante la recolección ordinaria, los mismos serían transportados a una planta de biodigestión para descomponerse (en ausencia de oxígeno) para producir biogás que se compone de metano, principalmente; todo ello mediante la colaboración público-privada. Este biogás puede ser utilizado para la generación de electricidad, la producción de calor o como combustible vehicular, contribuyendo a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Reapertura y/o remodelación de plantas de reciclaje, de compostaje y otras existentes o potenciales en Xalapa y Emiliano Zapata. Otra propuesta es la realización de un estudio de viabilidad para la reapertura y/o remodelación de plantas de reciclaje y compostaje existentes en la zona metropolitana, así como para la identificación de sitios potenciales para la construcción de nuevas instalaciones, en el cual se deberán considerar la cantidad y composición de los residuos generados en ambos municipios, las tecnologías disponibles, los costos de inversión y operación, el potencial de mercado para los materiales y la composta que se produzca y, con ello los beneficios ambientales y sociales a obtener, todo mediante alianzas público-privadas y recolectores/recicladores urbanos (pepenadores) y un sistema planificado de ubicación.

Sistema más efectivo de gestión del agua y su calidad para ambos municipios. Para Xalapa, se propone un sistema integral que aborde tanto la escasez como la calidad del agua mediante:

Tabla 3. Gestión efectiva del agua

Estrategia	Descripción
Reducción de fugas.	Implementación de un programa intensivo de detección y reparación de fugas en la red de distribución de agua potable, utilizando tecnologías avanzadas de localización y reparación con tiempos de atención inmediatos.
Diversificación de fuentes.	Exploración y desarrollo de fuentes alternativas de abastecimiento, como la captación de agua de lluvia a nivel doméstico y a mayor escala en edificios públicos y áreas urbanas, así como la reutilización de aguas residuales tratadas para usos no potables, como riego de parques y jardines o usos industriales.
Mejora de la eficiencia en el uso del agua.	Campañas de sensibilización para fomentar el uso eficiente del agua en hogares, comercios e industrias, así como la implementación de incentivos para la instalación de dispositivos ahorradores de agua.
Protección de cuencas.	Implementación de programas de conservación y restauración de las cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac, incluyendo la reforestación con especies nativas y la promoción de prácticas de uso del suelo sostenibles en las zonas de recarga hídrica.

En el caso de Emiliano Zapata, se propone:

Estrategia	Descripción
Reducción de la dependencia del municipio de Xalapa y CMAS.	Inversión en la construcción de infraestructura para la captación, almacenamiento y distribución de aguas pluviales, reduciendo la dependencia del convenio con Xalapa.
Mejora en la gestión.	Fortalecimiento de CMAS para mejorar la eficiencia en la operación y el mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado, estableciendo coordinación mejorada en la distribución del líquido intermunicipal.

Mejorar la colaboración con Xalapa.	Mantenimiento y mejora del convenio de colaboración con Xalapa, buscando mecanismos que garanticen un suministro más equitativo y predecible para los habitantes de Emiliano Zapata, especialmente en las zonas conurbadas.
Protección de cuencas.	Implementación de programas de conservación y restauración de las cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac, incluyendo la reforestación con especies nativas y la promoción de prácticas de uso del suelo sostenibles en las zonas de recarga hídrica.

Para ambos municipios, se propone la realización de estudios de calidad del agua periódicos en las fuentes de abastecimiento y en la red de distribución, así como la implementación de proyectos de tratamiento de agua para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad para el consumo humano mediante, además, la exploración de convenios de colaboración con la Universidad Veracruzana, sus facultades y grupos de investigadores para el desarrollo de más proyectos de tratamiento innovadores y de gestión tanto del recurso hídrico como de la infraestructura, focalizando esfuerzos en la mejora tecnológica de puntos del sistema de distribución que más lo requieran.

Indicadores ambientales de calidad

La planificación urbana sostenible requiere de herramientas que permitan evaluar el estado del medio ambiente y guiar las acciones hacia un desarrollo ambientalmente sustentable, como los indicadores ambientales que proporcionan información cuantificable aspectos del entorno y miden el progreso real de las políticas públicas aplicadas permitiendo tomar decisiones más informadas para continuar o modificar el curso de acción.

A este respecto, se propone un conjunto de indicadores ambientales relevantes tomando como referencia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 y las metas siguientes:

Tabla 4. ODS y metas base para la construcción de indicadores ambientales

ODS	Descripción	Metas
3	Salud y bienestar.	3d. Reforzar la capacidad de todos los países (...) en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial.
6	Agua limpia y saneamiento.	6.1 (...) lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos. 6.2 (...) lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos (...). 6.3 (...) mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos (...).

7	Energía asequible y no contaminante.	7.2 (...) aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas. 7.3 (...) duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética. 7.a (...) facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
11	Ciudades y comunidades sostenibles.	11.6 (...) reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo. 11.7 (...) proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles (...). 11.a Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.
13	Acción por el clima.	13.a (...) adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible. 13.b Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático (...).

En el entendido de que las propuestas que se indican en la tabla a continuación pueden desarrollarse a mayor profundidad e incluir posteriores ejes que establezcan sus propios indicadores, los que a continuación se enuncian son una etapa inicial (datos de SEMARNAT e INEGI) que puede servir de fundamento para la realización de estudios pertinentes que deriven en planeaciones y políticas públicas:

Tabla 5. Indicadores y problemáticas

Indicador	Justificación	Característica
Tasa de generación de residuos sólidos urbanos.	La tasa de generación de RSU en los municipios de Xalapa y Emiliano Zapata es de 0.8 kg/persona al día.	Se encuentra por encima del promedio nacional (0.7kg/persona/día), lo que indica la gran cantidad de residuos generados en los municipios
Tasa de reciclaje.	La tasa de reciclaje en Xalapa es de apenas el 15 %. No se encuentran datos inmediatos de la tasa en Emiliano Zapata.	Cifra inferior al promedio nacional (21 %) lo que representa potencial de mejora en este rubro.
Tasa de disposición final en vertederos.	La tasa de disposición final en vertederos en Xalapa y Emiliano Zapata es de 85 %.	La cifra indica que la mayoría de los residuos generados en la ciudad se depositan en vertederos sin control, generando riesgos ambientales y de salud.
Tasa de compostaje.	La tasa de compostaje en Xalapa y Emiliano Zapata (según lo reportado) es cercana al 0 %.	No existe un programa municipal de compostaje ni en Xalapa ni en Emiliano Zapata que se encuentre en funcionamiento o reporte resultados.

La propuesta de indicadores de gestión de RSU para Xalapa y Emiliano Zapata se basa en la necesidad de contar con herramientas de monitoreo y evaluación para mejorar la gestión de residuos en la zona, por ello, se presentan los cálculos de los indicadores presentados anteriormente:

Tabla 6. Indicadores seleccionados y métodos de cálculo

Indicador	Fórmula	Descripción
Tasa de generación de residuos sólidos urbanos	$TGR = TR/P$	TGR: Tasa de generación de residuos (kg/persona/día). TR: Cantidad total de residuos generados (kg). P: Población (personas).
Tasa de reciclaje	$TR = (RR/TR)*100 \%$	TR: Tasa de reciclaje (%). RR: Cantidad de residuos reciclados (kg). TR: Cantidad total de residuos generados (kg).
Tasa de disposición final en vertederos	$TDV = (DV/TR)*100 \%$	TDV: Tasa de disposición final en vertederos (%). DV: Cantidad de residuos dispuestos en vertederos (kg). TR: Cantidad total de residuos generados (kg).
Tasa de compostaje	$TC = (CO/TR)*100 \%$	TC: Tasa de compostaje (%). CO: Cantidad de residuos compostados (kg). TR: Cantidad total de residuos generados (kg).

Estos indicadores están orientados a medir el progreso en la gestión de RSU y se pueden relacionar con otros indicadores clave como la calidad del aire y del agua, el acceso a agua limpia y la generación de energía limpia. Considerar estas interconexiones permitiría avanzar hacia una gestión integral y sostenible de los RSU teniendo por efecto inmediato el bienestar de la población y el cuidado del medio ambiente.

Propuesta de proyecto interrelacional

El crecimiento urbano sin orden y la falta de planeación para orientarlo, hace necesario crear un proyecto que mejore la gestión de residuos sólidos urbanos, así como el cuidado y abastecimiento de los recursos hídricos. Por ello, se propone un proyecto integral mediante el aprovechamiento de biogás para las plantas de tratamiento de agua como fuente de energía en ambos municipios, lo que reduciría costos operativos e impactos ambientales.

La propuesta contempla la restauración de cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac mediante el uso de compost para la mejora de la calidad del suelo y en la infiltración mediante el aporte de materia orgánica necesaria para mejorar su estructura, de

nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, mayor retención de la humedad, entre otros, así como la reducción de la erosión del suelo. La captación de aguas pluviales en instalaciones de tratamiento de residuos como plantas de reciclaje, de biodigestión y compostaje, pueden incorporar más sistemas de captación para el autoconsumo y la reducción del consumo de agua potable.

Asimismo, es necesario implementar programas de educación ambiental que destaquen la relación existente entre las problemáticas que aquejan a la región y a los municipios especialmente, ello en cuanto a la gestión de RSU, el cuidado del agua y el impacto en el medio ambiente para promover mediante ellos la adopción de prácticas sostenibles que puedan adoptar los niños y adultos en la vida cotidiana.

Discusión

La implementación de las propuestas presentadas requiere un enfoque colaborativo y coordinado entre los gobiernos municipales de Xalapa y Emiliano Zapata, el gobierno Estatal, la ciudadanía, el sector privado, las organizaciones de la sociedad civil y especialmente las instituciones educativas como la Universidad Veracruzana aplicando un modelo de pentahélice (Hernández González, 2024).

Es destacable la necesidad de creación de una entidad de gestión metropolitana para los residuos sólidos y los recursos hídricos para facilitar la planificación y la implementación de estrategias conjuntas y eficientes acompañadas de campañas de sensibilización y educación ambiental constantes, adaptables al público a abordar y los canales de comunicación susceptibles de lograr un mayor y mejor alcance. Por otra parte, es importante destacar las necesidades exploratorias de fuentes de financiamiento alternas a la inversión privada (concesiones y asociaciones), como las provenientes de recursos nacionales e internacionales mediante convenios o participación en proyectos globales para gestión, disposición y valorización de RSU, principalmente.

Conclusiones

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) y la seguridad hídrica en la zona metropolitana de Xalapa y Emiliano Zapata son desafíos interconectados que demandan una atención urgente. El análisis presentado pretende evidenciar las limitaciones de los sistemas actuales, subrayando la necesidad crítica de una transformación profunda que abarque desde la infraestructura hasta la participación ciudadana.

Se ha propuesto un modelo integral para la sostenibilidad urbana, fundamentado en las siguientes estrategias clave: la implementación de la recolección diferenciada y la valorización de los RSU a través del compostaje, el reciclaje y la producción de biogás;

la mejora de la gestión del agua mediante la reducción de pérdidas, la diversificación de fuentes y la protección de las cuencas de los ríos Huitzilapan y Pixquiac; y la articulación de estas gestiones para una eficiencia y sostenibilidad integral en un modelo de pentahélice.

Lo planteado supone un compromiso profundo de los gobiernos municipales y el Estatal, así como de la participación corresponsable de la ciudadanía, los recolectores urbanos y otros actores clave. Una planificación estratégica urbana acompañada de inversiones inteligentes en infraestructura y tecnología, y el desarrollo de políticas públicas efectivas son los pilares para una gestión sostenible de los residuos y el agua que se traducirían en una mejora tangible de la calidad de vida para los habitantes de Xalapa y Emiliano Zapata, asegurando la protección del medio ambiente y sus recursos para las futuras generaciones, reafirmando la viabilidad de un futuro urbano más resiliente y sostenible.

Referencias

- CastillaArcos, J. D. (06 de 10 de 2020). Bosque Don Roberto será ecoparque. Obtenido de El Heraldo de Xalapa: <https://heraldodexalapa.com.mx/xalapa/60722-en-xalapa-4.html>
- Castillo, L. (21 de 12 de 2024). Desabasto de agua, principal crisis que deben atender las autoridades en todo Veracruz. Obtenido de Diario de Xalapa: <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/xalapa-vivio-uno-de-los-anos-con-mas-escasez-de-agua-potable-en-su-historia-20807594>
- Luna Escudero, C. (13 de 03 de 2025). Xalapa, la Ciudad del caos: La crisis del agua. Obtenido de Sociedad 3.0 multimedios: <https://sociedadtrespuntocero.com/2025/03/xalapa-la-ciudad-del-caos-3-la-crisis-del-agua/>
- López Beltrán, A. (01 de 03 de 2024). En México, la escasez de agua crónica de Xalapa refleja una crisis nacional cada vez más profunda. Obtenido de Mongabay: <https://es.mongabay.com/2024/03/mexico-escasez-de-agua-xalapa-crisis-nacional/>
- de Mattos, C. A. (2010). Globalización y metamorfosis urbana en América Latina. Quito, Ecuador: OLACCHI.
- EARTH.ORG. (26 de 05 de 2022). How Sweden is Successfully Turning Waste to Energy. Obtenido de EARTH.ORG: <https://earth.org/sweden-waste-to-energy/>
- Escaping worlds. (11 de 12 de 2021). Mexico's waste management and how to reduce your waste. Obtenido de Escaping worlds: conscious & offbeat travel blog: <https://escapingworlds.com/mexicos-waste-management-reduce-waste/>
- Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (28 de 06 de 2004). Ley número 847 de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Xalapa, Veracruz, México.
- Gobierno de México. (08 de 10 de 2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México.
- Gross, P., & Hajek, E. (1998). Indicadores de calidad y gestión ambientales. Santiago de Chile, Chile: Alfabeta Artes Gráficas.
- H. Ayuntamiento de Xalapa. (19 de 11 de 2024). Comunicado 1610: Parque Ecológico Barranca Honda, un nuevo pulmón para la ciudad. Obtenido de Ayuntamiento de Xalapa: <https://xalapa.gob.mx/blog/2024/11/19/parque-ecologico-barranca-honda-un-nuevo-pulmon-para-la-ciudad/>
- H. Ayuntamiento de Xalapa. (21 de 01 de 2025). Comunicado 1717: Trabaja Xalapa por un mejor medio ambiente. Obtenido de Ayuntamiento de Xalapa: <https://xalapa.gob.mx/blog/2025/01/21/trabaja-xalapa-por-un-mejor-medio-ambiente/>
- Hernández González, D. F. (2024). La Pentahélice: estrategia para el desarrollo productivo-empresarial en las regiones y metrópolis. La auto-organización como autopoiesis de lo social y solidario. En U. d. Guadalajara, Ecosistemas de emprendimiento e innovación: experiencias y métodos en la UdG-CUaltos y la UV-VITAE-V.I.D.A.-SUME. MaJoMa Editorial.

- Hernández, M. (22 de 01 de 2019). Falta cultura de separación y reciclaje de basura. Obtenido de Diario de Xalapa: <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/no-hay-cultura-de-separacion-y-reciclaje-de-basura-xalapa-15545604?token=-567587227>
- Huerta, V. (24 de 02 de 2021). Con inversión de 70 mdp se amplía capacidad del relleno sanitario El Tronconal. Obtenido de AVC Noticias: <https://www.avcnoticias.com.mx/noticias-veracruz/xalapa/312413/con-inversion-de-70-mdp-se-amplia-capacidad-del-relleno-sanitario-el-tronconal.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). En números, documentos de análisis y estadísticas. (O. Jaimes Bello, Ed.) En números, documentos de análisis y estadísticas, 2(24).
- Mexico business news. (26 de 12 de 2024). Mexico's New Plant Transforms Organic Waste Into Energy. Obtenido de Mexico business news: <https://mexicobusiness.news/energy/news/mexicos-new-plant-transforms-organic-waste-energy>
- Ochoa González, D., & Mack, S. (2021). Mi Historia De Compostaje: Daniela Ochoa Gonzalez. Obtenido de Compostcrew: <https://compostcrew.com/historia-compostaje-daniela/>
- Polèse, M. (1998). Economía Urbana y Regional. Introducción a la relación entre desarrollo y territorio. (G. Pérez Galicia, & E. Pou Madinaveitia, Trads.) Cartago, Costa Rica: LUR (Libro Universitario Regional).
- SEDEMA. (06 de 2024). Programa Reciclón 2024. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz: <https://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/2024/05/14/reciclon-xalapa-2024/>
- Tecnología del plástico. (10 de 12 de 2021). Recycling in Mexico, an industry with potential. Obtenido de Tecnología del plástico: <https://www.plastico.com/es/noticias/recycling-mexico-industry-potential>

El desafío de la informalidad: retos y oportunidades de la ciudad para la inclusividad de la planeación urbana. Una perspectiva desde la complejidad

The threat of informality: challenges and opportunities for the city in inclusive urban planning. A complexity perspective

Jonathan Guillermo Espinosa Bernard¹ y Juan Andrés Sánchez García²

Resumen: Este capítulo analiza los asentamientos informales desde la perspectiva de la complejidad a través de la hermenéutica, matizando su papel en la dinámica urbana. Se abordan los retos asociados a su integración en la planificación inclusiva. A su vez, se exploran las oportunidades que se presentan, su capacidad de adaptación y estrategias interdisciplinarias. Desde un enfoque de sistemas complejos, se argumenta que las ciudades no deben concebirse como estructuras rígidas, sino como organismos en constante evolución. Incorporar estos conceptos para los asentamientos irregulares dentro de la planificación urbana, mediante políticas flexibles y sostenibles, ayudará a crear ciudades inclusivas y equitativas.

Palabras clave: asentamiento informal, planificación urbana, complejidad, hermenéutica.

Abstract: This chapter analyzes informal settlements from the perspective of complexity through hermeneutics, highlighting their role in urban dynamics. It addresses the challenges associated with their integration into urban inclusive planning while also exploring the opportunities they present, including their adaptability and interdisciplinary strategies. From a complex systems approach, it is argued that cities should not be conceived as rigid structures but rather as constantly evolving organisms. Incorporating these settlements into urban planning and urban development through flexible and sustainable policies will help create inclusive and equitable urban.

Keywords: slums, urban planning, complexity, hermeneutics.

Introducción

La urbanización acelerada y la falta de acceso equitativo a la vivienda han dado lugar a un crecimiento significativo de los asentamientos informales en las ciudades contemporáneas (UN-Habitat, 2022). Estos espacios, caracterizados por la precariedad en infraestructura, la limitación a servicios públicos y ausencia de títulos de propiedad (tenencia de propiedad), representa un reto fundamental para la planificación urbana.

1 Maestro en Procesos y Expresión Gráfica en la Proyección Arquitectónica-Urbana (MPEGPAU-UDG). Universidad Veracruzana: j.espinosabernard@gmail.com

2 Doctor en Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad Veracruzana: juansanchez@uv.mx

Sin embargo, también pueden ser vistos como una oportunidad para innovar en estrategias flexibles, inclusivas y que puedan adaptarse según el fenómeno lo requiera. Este documento se comprende desde la perspectiva de la complejidad; mediante esta visión, las ciudades pueden entenderse como sistemas complejos sistemáticos, en donde los asentamientos humanos informales (AHI) no son anomalías urbanas, sino respuestas de adaptación a posibles planteamientos de planeación urbana rígida determinista.

Este capítulo se enfoca en un análisis de los retos y oportunidades que presentan los asentamientos informales dentro del contexto urbano, abordándolos a través de un enfoque cualitativo y una metodología hermenéutica desde la perspectiva de la complejidad. La integración de estos enfoques permite una comprensión de las dinámicas emergentes que caracterizan estos espacios, reconociéndolos como expresiones de los procesos adaptativos y de autoorganización urbana.

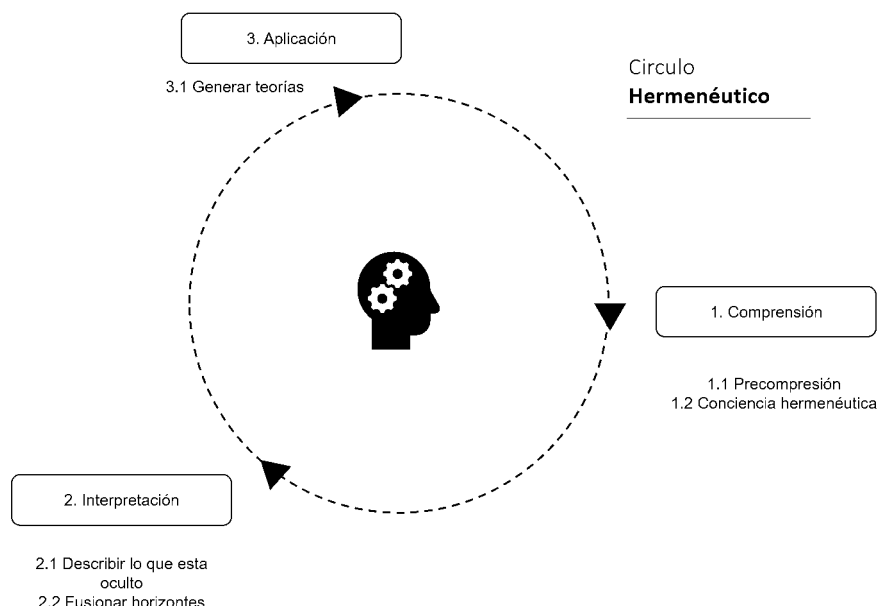
Para ello, se planteó un enfoque de interpretación crítica que articule descriptivamente la interrelación entre las ciencias de la complejidad y el fenómeno urbano de los asentamientos informales, con el propósito de comprender y vislumbrar que estos asentamientos son una cuestión inherente del sistema urbano como un proceso complejo, considerando que la generación, crecimiento y desarrollo de estos espacios responden a múltiples factores que interactúan entre sí, como los factores socio-económicos, políticos y ambientales. Asimismo, se inserta en un entrelace discursivo y descriptivo sobre la necesidad de generar estrategias para enfrentar los desafíos del fenómeno de la informalidad hacia la inclusividad urbana.

Metodología

Este capítulo se fundamenta en un enfoque metodológico con base en la hermenéutica y la complejidad, con la finalidad de tejer múltiples elementos disciplinares interconectados para analizar a los asentamientos informales como sistemas dinámicos y autoorganizados dentro del tejido urbano. La informalidad no se estudia únicamente como una problemática estructural de una falla técnica en la planeación urbana, sino como un fenómeno con capacidad adaptativa, resiliente y en constante crecimiento. Para ello, la metodología se constituye en tres fases interrelacionadas que permiten la comprensión integral del fenómeno urbano informal, guiada así por medio del círculo hermenéutico con relación a los conceptos de Hans-Georg Gadamer (1998), el cual enfatiza la relación entre comprensión, interpretación y aplicación (ver figura 1).

En la primera fase, de carácter descriptivo, se realizó una recolección bibliográfica e investigación documental que incluyó las variables ciudad, inclusividad, informalidad y ciencias de la complejidad. Se revisaron textos clásicos y contemporáneos en el campo de las teorías urbanas complejas; así como estudios relevantes y aportes

Figura 1. Representación del círculo hermenéutico según Hans Gadamer (1998)



de autores que han examinado la dinámica de los asentamientos informales desde perspectivas multidisciplinarias.

La segunda fase, de carácter analítico, profundizó en la interpretación de las diversas aproximaciones teóricas de la informalidad urbana y su relación con la inclusividad urbana en su forma de abordar la planificación. De este modo, con el círculo hermenéutico se permitió un proceso de interpretación, en el cual los textos y teorías fueron contrastados para las consideraciones de retos y oportunidades de lo urbano-complejo.

La tercera fase consistió en la estructuración, discusión y conclusión de la interrelación conceptual, mediante un proceso reflexivo y crítico en donde se integraron los conceptos previamente analizados en la discusión general.

Es menester agregar un fundamento mediante la investigación-creación, a través de tres ejes: ontológico, metodológico y epistemológico. El ontológico se define como el objeto de estudio (los asentamientos informales como sistemas urbanos emergentes); el eje metodológico corresponde a la hermenéutica como herramienta de interpretación y configuración sobre la informalidad, haciendo visible el fenómeno a través del cruce disciplinar y, el eje epistémico, con base en la complejidad como marco conceptual para comprender la dinámica de los asentamientos humanos informales dentro de las ciudades contemporáneas como un proceso que genera conocimiento a través de su creación (Silva-Cañaveral, 2016).

Este enfoque permitió caracterizar la informalidad urbana desde una perspectiva estructural, y también entenderla como un fenómeno en permanente adaptación, con interacciones complejas que desafían los modelos tradicionales de planificación.

Asentamiento humano informal: una mirada contemporánea

El derecho a la ciudad¹ a través del acceso a una vivienda digna es un derecho fundamental vinculado al bienestar y desarrollo de las personas, reconocido a nivel internacional desde la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948. Este derecho no solo implica contar con un espacio habitable, sino que abarca aspectos esenciales como la seguridad en la tenencia, la disponibilidad de infraestructura, servicios básicos y no correr riesgos en las zonas geográficas emplazadas; así como también la asequibilidad económica, la calidad constructiva, la accesibilidad para diferentes grupos sociales, una ubicación estratégica que facilite la integración urbana junto con la permeabilidad y legibilidad del equipamiento urbano, y el respeto a las particularidades culturales de los habitantes.

Apesar de los compromisos asumidos por los gobiernos y organismos internacionales a través de iniciativas como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)-Agenda 2030 de la ONU y la Nueva Agenda Urbana, persisten profundas brechas en la garantía de este derecho, siendo estas organizaciones precursoras de su implementación y aplicación. En la actualidad, millones de personas alrededor del mundo viven en condiciones precarias, con limitaciones en los servicios urbanos básicos y, además, expuestas a riesgos ambientales y sociales; la ONU-Hábitat ha sido una fuente recurrente de actualizaciones sobre este fenómeno (UN-Hábitat, 2022).

Uno de los fenómenos más críticos en este contexto es el crecimiento y aparición de asentamientos humanos informales. ONU-Hábitat estimó, en 2022, que entre 1,600 y 3,000 millones de personas radican en viviendas inadecuadas, y más de 1,120 millones vivían en asentamientos irregulares o barrios marginales. Esta tendencia, lejos de disminuir, ha aumentado significativamente en los últimos años debido a la urbanización acelerada sin planificación adecuada, la desigualdad económica y la posible aplicación tardía de políticas efectivas de vivienda que permita la integración urbana con la formal.

Se estima que aproximadamente el 55 % de la población mundial, es decir, alrededor de 4,400 millones de personas, reside en áreas urbanas. Este porcentaje seguirá en ascenso en las próximas décadas, con proyecciones que indican que para 2050 la

¹ El derecho a la ciudad según la ONU Hábitat, se entiende por “El derecho de todos los habitantes a habitar, utilizar, ocupar, producir, transformar, gobernar y disfrutar ciudades, pueblos y asentamientos urbanos justos, inclusivos, seguros, sostenibles y democráticos, definidos como bienes comunes para una vida digna”. Definición disponible en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/componentes-del-derecho-a-la-ciudad>

población urbana se duplicará, alcanzando un punto en el que cerca del 70 % de la humanidad vivirá en ciudades, es decir, 7 de cada 10 personas (Banco Mundial, 2022).

Por ello, se puede inferir que con lo mencionado de los habitantes de los asentamientos informales y la población mundial que vive en ciudades desde 2022, corresponden al 12% del total (una cuarta parte de la población urbana) que, se espera, esté en aumento en el futuro.

De este modo, los asentamientos informales surgen como una respuesta espontánea a la falta de accesibilidad a la vivienda formal asequible. Son territorios donde la urbanización ocurre al margen de la normativa oficial, lo que conlleva condiciones de precariedad en infraestructura, inestabilidad en la tenencia de la tierra y vulnerabilidad frente a desastres naturales. Además, la ausencia de servicios básicos como agua potable, saneamiento y electricidad limita el desarrollo de sus habitantes y amplifica los problemas de las personas en su desarrollo integro con problemas subsecuentes tales como la salud, la educación y la seguridad (AACID, 2023), de tal manera que no se estaría otorgando a la persona el nivel de calidad de vida que se establece en el artículo 25 en la Declaración Universal de Derechos Humanos.

Por lo tanto, la proliferación de asentamientos informales plantea interrogantes fundamentales sobre los modelos tradicionales de la planificación urbana y el replanteamiento sobre la necesidad de estrategias flexibles con perspectivas interdisciplinarias que permitan visualizar la problemática desde otros enfoques: ¿qué estrategias están planteadas para soportar la migración y crecimiento poblacional que habrá en las ciudades para el año 2050? ¿Qué otras ciencias pueden aportar a la cosmovisión en la comprensión de las dinámicas urbanas en referencia a los asentamientos informales?

Maimunah Mohd Sharif (2022) menciona que el futuro será urbano y comparte en ONU-Hábitat que la población mundial ha experimentado un crecimiento acelerado sin precedentes, pues mientras que la humanidad alcanzó la cifra de 1,000 millones de habitantes a lo largo de más de un siglo, pasar de 7,000 a 8,000 millones ocurrió tan solo en 12 años. Este crecimiento exponencial trae consigo mayor diversidad de retos y oportunidades.

De modo que es crucial resaltar que la expansión del suelo urbano no sigue el mismo ritmo que el incremento de población. El crecimiento del área urbana puede llegar a ser hasta tres veces mayor que el aumento de los habitantes (ONU-Hábitat, 2024). Esto implica que, a medida que las ciudades se extienden rápidamente, la complejidad de sus sistemas y desafíos se intensifica.

Esta desproporción entre el crecimiento físico y el aumento poblacional exige una perspectiva que atienda las complejidades no lineales como lo pueden ser el enfoque

de la complejidad, en donde permita reconocer las oportunidades a través de los retos como estrategias de planeación urbana. Ante este panorama es indispensable destacar que, en el ámbito internacional, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible establece y comparte objetivos como el 11, en el que se propone que los asentamientos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; el ODS 10 busca reducir la desigualdad y segregación socioespacial que permita la inclusión a través de un enfoque de desarrollo urbano. Por esta razón, se plantea que la mejora de los asentamientos informales requiere un cambio de enfoque para verlos como un activo de oportunidades para la comprensión y desarrollo urbano, pues se considera que los asentamientos informales son fuente de una gran cantidad de mano de obra y de microempresas, en donde involucrar a los asentamientos a la ciudad formal produciría importantes beneficios sociales, económicos y de integración (Vaggione , 2014).

También, la aportación de este capítulo se inscribe a través de los numerales 97 y 98 de la Nueva Agenda Urbana, que señala el apoyo de ideas para la mejora de los barrios marginales y de los asentamientos informales promoviendo la integración urbana para mitigar la irregularidad reduciendo los problemas emergentes urbanos.

Complejidad urbana. Comprensión de los asentamientos informales como parte de un sistema

Con seguimiento desde la perspectiva contemporánea, el estudio de los asentamientos informales debe considerar la complejidad que los caracteriza, abordando sus dinámicas desde un enfoque integral (SEDATU, 2021). Estos espacios no pueden solo analizarse únicamente desde la carencia, la precariedad o la informalidad, sino como sistemas en constante adaptación, en donde múltiples factores interactúan entre sí. Edgar Morin (1990) mencionaba que la complejidad se encuentra intrínseca en la cotidianidad de la vida, allí es donde se debían visualizar los fenómenos que se construyen a partir de múltiples variables; y en el libro *Estética y sistemas abiertos. Procesos de no equilibrio entre el arte, la ciencia y la ciudad* (2013) se inscribe la siguiente cita, que hace referencia a la cotidiano en relación con la complejidad y la ciudad:

Se están construyendo nuevas perspectivas teóricas, que denominamos heurísticas, para la comprensión de los fenómenos de cambios en el mundo; se trata de reflexiones sobre las inestabilidades sociales, las incertidumbres del saber de la ciudad y las sorpresas de lo cotidiano que, en vez de ser patrones regulares, simples y controlados, instan a la deriva y a las libertades de lo cotidiano, a las luchas frente lo establecido. La complejidad y sostenibilidad de la ciudad se convierten en verdaderos problemas de frontera, es decir, en cuestiones difíciles de resolver por medio del determinismo o la normalización de estudios sobre la ciudad a partir de fenómenos simples y controlados (Hernández Gacía & Bernal Niño, 2013, pág. 18).

Herbert Spencer (1966) planteó que los actores de las comunidades y ciudades pueden comprenderse como un sistema con vida, dado que su organización es inherentemente compleja y dinámica. Desde esta perspectiva, Costilla Urbano (2011) sostiene que el pensamiento sistémico cumple un papel fundamental en la construcción del lenguaje y la acción social, ya que permite estructurar conceptualmente la experiencia de los fenómenos urbanos. Este enfoque interpreta a la sociedad como una red interconectada en la que los procesos de transformación se alinean con conceptos similares a los de un sistema vivo: nacimiento, crecimiento, desarrollo, adaptación, crisis y regeneración. En este sentido, la ciudad, al igual que un sistema complejo, no es un ente estático, sino un espacio en constante evolución que responde a múltiples variables y fuerzas externas e internas.

El pensamiento complejo que propone Edgar Morin (1990), también contribuye a un enfoque metodológico que permite comprender la realidad de una manera interrelacional, analizando la interacción de múltiples factores que configuran a los fenómenos.

De tal modo que, a diferencia del pensamiento de René Descartes proponía dividir lo complejo en partes simples y estudiarlo por partes separadas, esto se ha tomado como un planteamiento de la ciencia tradicional, siendo un enfoque reduccionista del caos, pues este buscaba aislar y simplificar los componentes de un sistema para predecir así su futuro. Por otra parte, la complejidad –del latín *plexus*, que significa “entretejido”– comprende que lo complejo es algo que es difícil de separar, pues las interacciones crean interdependencia entre sus componentes, en donde van generando información que es relevante a través de múltiples combinaciones de variables (Gershenson, 2007).

En este sentido, la complejidad no busca analizar elementos aislados, sino integrar diferentes disciplinas para generar nuevas perspectivas y respuestas a las emergencias urbanas que incluso pueden ser ya estudiados, generando así visiones contemporáneas como propuestas.

Entendiéndose que, en el ámbito de las ciencias de la complejidad, el término “complejo” no implica dificultad o complicación, sino una profunda interconexión entre los elementos que conforman el sistema, en este sentido, el fenómeno – los asentamientos informales – lo que se comprende como la complejidad. Esto significa que cualquier alteración de sus componentes a nivel local, puede generar efectos que se propaguen y repercutan, en mayor o menor medida, en el sistema en su totalidad y en diferentes escalas del sistema de la ciudad (Sosa Compeán, 2024).

Algunas de las principales intersecciones dentro del enfoque de la complejidad, según lo planteado por Régules (2019), pueden ser comprendidas a través de diversos principios fundamentales. Estos establecen la manera en que los sistemas complejos

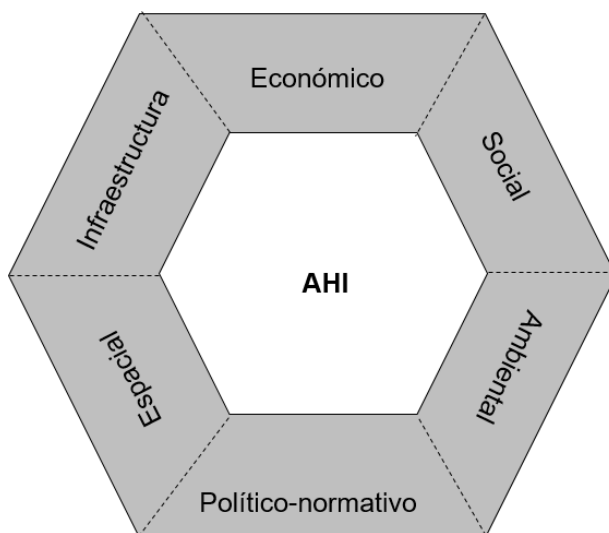
—como las ciudades y los asentamientos informales— funcionan y se adaptan a partir de múltiples variables:

- a. Los sistemas complejos están compuestos de muchos objetos que interactúan a muchas escalas.
- b. Manifiestan comportamientos emergentes.
- c. Se autoorganizan (no es necesaria la autoridad centralizada para dictar un orden de la propia organización).
- d. Operan al borde del caos, siendo flexibles y capaces de adaptarse.
- e. Están abiertos a su entorno e intercambian materia, energía e información.

Con relación a ello, los asentamientos informales surgen como resultado de una combinación de diversos factores que interactúan con la creación y surgimiento del fenómeno: el económico, lo social, lo ambiental, la infraestructura, lo espacial y lo político—normativo (ver figura 2), que limita el acceso de ciertos grupos a viviendas formales y servicios básicos. Uno de los principales factores es el crecimiento urbano acelerado, que ejerce una gran presión sobre la disponibilidad de tierras y recursos en las ciudades. La migración rural-urbana, impulsada por la búsqueda de mejores oportunidades de vida, suele derivar en la ocupación de áreas no planificadas debido a la falta de alternativas asequibles (UN-Habitat, 2020).

Asimismo, la desigualdad socioeconómica es un elemento clave en la proliferación de estos asentamientos. La pobreza y la exclusión limitan el acceso a viviendas formales, obligando a sectores vulnerables a establecerse en zonas sin servicios ni infraestructura adecuada (Davis, 2006). Este problema se ve agravado por el déficit en las políticas públicas de vivienda, ya que la ausencia de programas efectivos para la provisión de viviendas asequibles y servicios básicos impide la integración de estas comunidades en la planificación urbana formal (Fernandes, 2011).

Fig. 2 Esquema de relación de factores de los asentamientos humanos informales (AHI)



Otros factores determinante son la migración y el desplazamiento forzado, resultado de conflictos, crisis económicas o desastres naturales, que llevan a muchas personas a asentarse en terrenos de manera irregular sin acceso a servicios esenciales (Sassen, 2014). Fernandes (2011) considera que la existencia de un marco legal regulatorio inadecuado, caracterizado por leyes de uso de suelo restrictivas y procesos burcráticos complejos que dificultan el acceso a la vivienda formal, incentiva la expansión de asentamientos informales.

A continuación se presenta una tabla que desglosa los principales factores que influyen en la formación de los asentamientos humanos informales. En ella, se identifican variables asociadas a cada factor en relación a su dinámica. Este análisis permite comprender las relaciones complejas que determinan las condiciones de vida de estos asentamientos (ver figura. 3).

Fig. 3 Factores que interactúan en el sistema complejo de la ciudad para el surgimiento de la emergencia de los asentamientos informales

Categoría	Variable	Descripción
Social	Dinámicas comunitarias	Redes de apoyo, solidaridad y cooperación entre habitantes.
	Autoorganización	Capacidad de los habitantes para gestionar recursos y servicios sin una autoridad central.
	Vulnerabilidad socioeconómica	Condiciones de pobreza, falta de empleo formal y exclusión social.
	Migración y desplazamiento	Flujos de personas en busca de oportunidades económicas y habitacionales.
Económica	Economía informal	Actividades económicas no reguladas que sustentan a la comunidad.
	Acceso a financiamiento	Dificultad de obtener créditos o apoyo financiero para mejorar viviendas y servicios.
	Dependencia de economías locales	Relaciones comerciales y laborales con mercados urbanos formales.
Espacial	Expansión no planificada	Crecimiento sin una estructura formal, generando patrones urbanos irregulares.
	Uso del suelo heterogéneo	Mezcla de usos residenciales, comerciales e industriales sin zonificación formal.
	Densificación y hacinamiento	Alto número de personas por vivienda debido a la falta de alternativas habitacionales.
Infraestructura y servicios	Deficiencia en infraestructura básica	Falta de acceso a agua potable, drenaje, electricidad y transporte público.
	Conectividad y accesibilidad	Ubicación en zonas periféricas con dificultades de movilidad.
	Materialidad y seguridad estructural	Viviendas construidas con materiales precarios y sin regulación técnica.
Ambiental	Vulnerabilidad ante desastres	Ubicación en zonas de riesgo como laderas, márgenes de ríos o terrenos inestables.
	Falta de saneamiento	Contaminación del suelo y cuerpos de agua debido a la carencia de sistemas adecuados de recolección de residuos y alcantarillado.
	Impacto ecológico	Deforestación y afectaciones a ecosistemas debido a la expansión informal.
Política y normativa	Falta de reconocimiento legal	Dificultad para acceder a derechos urbanos y regularizar la tenencia de la tierra.
	Relación con políticas públicas	Intervenciones gubernamentales limitadas o poco efectivas en la mejora de asentamientos.
	Procesos de regularización	Obstáculos burocráticos para la legalización de viviendas y acceso a servicios públicos.

La interrelación disciplinar con la ciudad como fusión de horizontes

Para abordar el desafío de los asentamientos informales en la planificación urbana inclusiva, es fundamental comprender la ciudad desde una perspectiva sistémica e interdisciplinaria, en la que converjan distintas áreas del conocimiento; entre ellas, pueden considerarse dimensiones amplias como la biología, la antropología, la historia, la física, las ciencias de la complejidad, entre otras más que, a su vez, pueden ir acotándose y definiéndose para dirigirse hacia el objeto de estudio. "La ciudad no es abarcable desde una única área de conocimiento, por lo que el enfoque interdisciplinar es ineludible" (García Vázquez, 2016, pág. 7).

Concebir la ciudad como un sistema complejo implica reconocer su carácter dinámico y de autoorganización, en el que múltiples interacciones generan patrones de desarrollo que no pueden analizarse desde una única disciplina.

García Vázquez (2016) ha señalado que el crecimiento urbano contemporáneo se ha caracterizado por su continua y creciente complejidad a través de los años, lo que ha generado conflictos en su estructura evolutiva-adaptativa-de la forma urbana. Ante esta realidad, se vuelve imprescindible un enfoque interpretativo que trascienda los límites del urbanismo tradicional y permita analizar las dinámicas urbanas desde una visión holística.

La informalidad urbana es un fenómeno complejo que no puede ser abordado como una parte aislada del todo, ya que su desarrollo responde a múltiples factores interconectados que abordan dimensiones espaciales, sociales, económicas, ambientales y políticas-normativas.

En este sentido, la interrelación disciplinar, se presenta como una herramienta fundamental para ampliar la comprensión de este fenómeno y, en consecuencia, en pensar intervenciones estratégicas fuera de lo tradicional.

De acuerdo con Carlos Maldonado, comprender los fenómenos de las ciudades desde un enfoque multi-inter-transdisciplinar, permitiría articular un entramado de visiones que puedan abordar las emergencias de la ciudad compleja.

El estudio de las ciudades debe implicar un cierto conocimiento y sabiduría de nuevas ciencias, contrariamente a la corriente principal podría hacerlo creer. Ciencias como las ciencias de la vida, y las ciencias de la salud. Pero también ciencias del espacio y las ciencias de la complejidad (Maldonado, 2014, pág. 220).

El estudio de la informalidad desde una perspectiva de interrelaciones disciplinares, permite analizarla no solo como una carencia de la vida urbana en su planificación, sino como una respuesta emergente del sistema urbano a la falta de acceso equitativo

a la vivienda y los servicios. La arquitectura y el urbanismo ofrecen herramientas para comprender la morfología y organización espacial de estos asentamientos; la sociología y la antropología permiten analizar las dinámicas comunitarias y los procesos de autoorganización; la economía urbana aporta perspectivas sobre las condiciones de acceso a la vivienda y el mercado del suelo; mientras que la ecología urbana estudia el impacto ambiental de estos asentamientos y sus posibilidades de sostenibilidad en los sentidos de acceso e integración.

Por ello, uno de los principales retos de la planificación urbana inclusiva es la carencia de mecanismos de articulación entre disciplinas. La fragmentación del conocimiento y la aplicación de soluciones sectorizadas ha llevado a intervenciones que no responden a la complejidad real de los asentamientos informales. Por ejemplo, los programas de regulación de suelo suelen centrarse en la legalización de la propiedad sin considerar la precariedad de los servicios urbanos o la necesidad de fortalecer las redes sociales y productivas de los habitantes; es decir, atender únicamente un factor sin considerar dar seguimiento a los demás, continuará siendo parte del problema. Del mismo modo, la provisión de infraestructura básica sin un análisis adecuado de las condiciones socioeconómicas puede generar procesos de gentrificación o desplazamientos (Fernandes, 2011).

De tal modo que, para abordar los desafíos, es fundamental apoyarse en el desarrollo de estrategias basadas en enfoques inter-transdisciplinarios, donde el conocimiento no solo se integre desde diversas áreas del saber, sino que también se genere de manera conjunta con los propios habitantes de los asentamientos. Este proceso implica reconocer que la informalidad urbana no es un estado fijo, sino un sistema en constante adaptación y reconfiguración en el que las áreas de conocimiento son vitales para atender los distintos factores interrelacionados.

La no linealidad urbana como comprensión de la ciudad incontrolable

En el pasado, dadas las concepciones deterministas, las ciudades eran vistas como sistemas ordenados y predecibles; hoy en día, la teoría de la complejidad ha permitido reconocer su naturaleza dinámica e impredecible. Durante mucho tiempo, la planificación urbana se basó en modelos centralizados que asumían un control absoluto sobre las variables que determinan el crecimiento y la organización de las ciudades; sin embargo, la realidad ha demostrado que los sistemas urbanos son sensibles a sus condiciones iniciales y que se adaptan a través de procesos no lineales, en donde el caos no es sinónimo de desorden, sino una fase de transformación que permite la emergencia de nuevas estructuras y patrones (de Régules, 2019).

Desde la década de 1960, con el auge de la teoría del caos y el reconocimiento de la autoorganización en sistemas complejos, se comenzó a replantear la manera en que se entiende a las ciudades. Más que entidades rígidamente planificadas, hoy se

comprenden como sistemas vivos en constante cambios. En este sentido, la ciudad no es un objeto estático ni producto acabado, sino un sistema en perpetua transformación (Chueca Goitia, 2019).

Este enfoque no lineal desafía los modelos tradicionales de la planificación urbana y subraya la necesidad de estrategias flexibles, adaptativas y descentralizadas. En lugar de imponer un orden rígido, la planificación debe considerar la capacidad de los sistemas urbanos para autorregularse y generar nuevas soluciones a medida que surgen desafíos.

Autoorganización y autopoiesis: ciudad autoproducida

La autoorganización es un principio clave dentro de la teoría de los sistemas complejos, ya que permite explicar cómo ciertas estructuras emergen sin necesidad de una intervención centralizada. En el contexto urbano, este fenómeno se manifiesta de manera evidente en la formación y adaptación de los asentamientos informales, que surgen como una respuesta espontánea ante la falta de acceso a vivienda formal.

Lejos de ser vistos como espacio en desorden –teoría del caos– estos asentamientos responden a patrones de organización interna que reflejan la capacidad adaptativa de sus habitantes, quienes, mediante redes de colaboración y estrategias comunitarias, logran suplir las deficiencias de planificación y acceso a servicios básicos (de Régules, 2019).

Un orden superior paradójicamente desde abajo y muchas veces este orden superior desde abajo funciona mejor que la organización que se impone desde arriba, desde la autoridad municipal (de Régules, 2019, pág. 158).

De acuerdo con Batty (2007), las ciudades son sistemas dinámicos que se ajustan continuamente a las necesidades de su población sin depender de una planificación rígida. Es necesario que el desarrollador urbano entienda la vocación natural de los espacios en las ciudades.

No se tocará más que con precaución su organismo, no olvidando que se está en presencia de un ser vivo. Nadie será un verdadero urbanista si no capta el sentido de esta vida (Pöete, 2015, pág. 263).

En este sentido, la expansión de los asentamientos informales en las periferias urbanas no es el resultado de un diseño preestablecido, sino de un proceso emergente que responde a las demandas de vivienda y trabajo que no han sido resueltas por las políticas urbanas convencionales. Así, estos espacios pueden considerarse expresiones de la autoorganización urbana, donde los habitantes crean mecanismos propios de acceso a servicios, movilidad y comercio, evidenciando un grado de orden interno que surge de la interacción entre múltiples factores (Vaggione , 2014).

Desde una perspectiva compleja-sistémica, se puede hablar del concepto de *autopoiesis* desarrollado por Maturana y Varela (1998) que resulta pertinente para comprender estos procesos, ya que plantea que los sistemas tienen la capacidad de autoproducirse y mantenerse en el funcionamiento mediante sus propias dinámicas internas como seres vivos que se producen a través de lo que denominaron nicho ecológico, argumentando que si el nicho cambia, también lo hará el organismo, y puntualizando que si el sistema deja de autoproducirse morirá.

Aplicado este concepto a la urbanización informal, implica que estos asentamientos no solo emergen de manera autónoma, sino que también generan estructuras que les permiten sostenerse y evolucionar con el tiempo y formar parte de la ciudad. La interconexión de factores como la migración, la economía, la carencia de políticas inclusivas y la exclusión socioespacial contribuyen a que estos sistemas urbanos se reconfiguren constantemente en función de sus necesidades y limitaciones.

Replanteando la informalidad: del problema a la oportunidad

La informalidad urbana ha sido tradicionalmente vista como un problema que debe erradicarse. Sin embargo, las nuevas perspectivas en la planificación urbana sugieren que estos asentamientos representan una oportunidad para contribuir en la manera en que las ciudades se desarrollan y crecen (UN-Hábitat, 2022). En este sentido, la informalidad permite ser entendida como un mecanismo de adaptación que responde a la falta de acceso a vivienda formal y a la rigidez de los marcos normativos como un desarrollo que se ha planteado ordinario.

Lo ordinario, lo que se desarrolla a diario, pero con la fuerza de lo masivo, puede construir sistemas complejos y adaptables. En el caso de las teorías de la ciudad esto tiene cabida al comprender que los conglomerados urbanos más allá de las acciones de planificaciones reales o fallidas, y verlos en su verdadera dimensión: como acciones singulares de personas que construyen día tras día lo social y lo físico de los entornos urbanos, lo que confirma que las ciudades pueden verse como sistemas complejos adaptativos y de construcción colectiva (Hernández Gacía y Bernal Niño, 2013, pág. 18).

El Gobierno de México ha planteado estrategias para la integración de asentamientos informales en la estructura urbana a través de proyectos de regulación, inversión en infraestructura y participación comunitaria. Este enfoque reconoce la capacidad de autoorganización de estas comunidades y busca aprovechar su dinamismo para generar modelos urbanos inclusivos y resilientes, a través de las áreas de oportunidad de contar con estadísticas periódicas para el seguimiento del desarrollo urbano (SEDATU, 2021).

Uno de los principales retos en la formalización de asentamientos informales es la tenencia de la tierra. Muchas de estas comunidades se encuentran en terreno

irregulares, lo que limita su acceso a servicios básicos y los expone a riesgos físicos y legales (Banco Mundial, 2023). Sin embargo, experiencias en países como Brasil y Colombia han demostrado que la regularización puede lograrse a través de modelos flexibles que combinan titulación de tierras con mejoras en infraestructuras y servicios básicos (Fernandes, 2011).

Actualmente, el uso de las tecnologías de sistemas de información geográfica (SIG) ha fungido como una oportunidad de interrelacionar las comunidades; permite mapear y analizar la expansión de estos asentamientos, facilitando la toma de decisiones basada en datos. También las cartografías participativas han demostrado ser efectivas en la identificación de necesidades comunitarias y en la planificación de intervenciones urbanas de bajo costo y alto impacto (Batty, 2007).

Es crucial que las políticas de integración de asentamientos informales adopten un enfoque interdisciplinario que incorpore conocimientos de urbanismo, sociología, economía y ciencias ambientales. La planeación urbana contemporánea no debe considerar la informalidad como un obstáculo, sino como una manifestación de la complejidad urbana que puede ser gestionada mediante estrategias innovadoras y colaborativas.

El futuro es urbano: discusión, retos y oportunidades

Michael Batty observa que nada de esto será útil si las ciencias de la complejidad aplicadas a la ciudad no fructifican en forma de políticas públicas concretas. También señala que la complejidad, como ciencia, aún es joven y apenas están en construcción los modelos que sacarían provecho del enfoque multidisciplinario y multiescalar para que los científicos puedan colaborar con las autoridades municipales; sin embargo, considera que estamos cerca de un cambio de paradigma. En los años que vienen, las ciudades se gobernarán cada vez más por medio de una planificación desde arriba que tendrá en cuenta las tendencias y las vocaciones espontáneas surgidas desde abajo, del hervidero cotidiano de materia, energía, información, productos, ideas, coches, pasiones y gente que es el espíritu de una ciudad. Y qué bien que sea así, porque todo indica que el futuro es urbano (de Régules, 2019, pág. 161).

La integración de los asentamientos informales sigue siendo un desafío en muchas ciudades del mundo, particularmente en aquellas donde la rápida urbanización ha superado la capacidad de las administraciones locales para gestionar el crecimiento de manera equitativa. Uno de los principales retos es la falta de integración entre políticas de vivienda, transporte, medioambiente y suelo, lo que genera fragmentación urbana y dificulta la provisión de servicios básicos. Además, las regulaciones de uso de suelo suelen poner estándares rígidos, que no se ajustan a la realidad socioeconómica de gran parte de la población, excluyendo a los sectores más vulnerables, empujándolos hacia la informalidad.

Sin embargo, los asentamientos informales también representan una oportunidad para reconfigurar la ciudad con mayor enfoque inclusivo y sostenible. Desde la perspectiva de la complejidad, estos pueden ser entendidos como sistemas autoorganizados que emergen en respuesta a condiciones de escasez y exclusión, evidenciando una interacción dinámica entre un determinado número de variables. Por lo que el reto radica en reconocer estos espacios dentro de la planificación urbana y evitar políticas de erradicación que no aborden sus causas estructurales.

Por otro lado, el mapeo de los asentamientos informales es una herramienta clave para su integración progresiva, ya que permite visibilizar su estructura interna y planificar estrategias de mejoramiento urbano con base de datos. No obstante, el reto aquí sería garantizar que esta información sea utilizada para implementar soluciones efectivas y no solo para regularizar asentamientos de manera aislada, además de que la información sea accesible para la generación de propuestas y compartida entre expertos.

Otra oportunidad que se fortalecería, sería la participación comunitaria en la toma de decisiones, permitiendo que los habitantes sean actores clave en la decisión de sus territorios.

La accesibilidad de servicios básicos y oportunidades económicas es uno de los retos complejos de los asentamientos, muchas de estas áreas carecen de infraestructura adecuada y quedan desconectadas de la movilidad urbana. De tal modo, que los retos se convierten en oportunidades de explorar e indagar en nuevas propuestas, considerando los asentamientos informales como una consecuencia natural de las ciudades contemporáneas, aprendiendo así de sus mecanismos de organización y adaptabilidad.

Conclusión

La integración de los asentamientos informales en la planificación urbana requiere de enfoques en donde la complejidad tenga un papel fundamental para la integración de disciplinas que pueden contribuir de manera significativa la atención de cada variable para la inclusividad de estos barrios; que dentro del marco de la complejidad se consideran respuestas adaptativas a un sistema por falta de acceso al suelo y a la vivienda de manera asequible, siendo una autoorganización interna de la ciudad.

Los principales retos radican en la fragmentación de políticas de desarrollo, que han perpetuado en la desigualdad y dificultad para su integración. No obstante, los asentamientos informales también representan una oportunidad para abordar a la ciudad a través de distintos factores que ayuden a despejar las ecuaciones de nuevos paradigmas como lo indica la misma definición de la complejidad.

Herramientas como el mapeo y uso de los SIG, así como la estadística, el pensamiento filosófico, antropológico, la sociología, entre más enfoques y factores que abonen a la comprensión del fenómeno permitirán encontrar respuestas adaptables según la complejidad de la emergencia urbana; que permita contribuir progresivamente en atención al desafío de la planeación urbana inclusiva en el futuro inmediato y lejano, reconociendo que entre mayor complejidad del sistema, más serán los factores que la compongan; por tanto, más grande será el desafío, los factores, los indicadores, los retos y las oportunidades.

Referencias

- AACID. (Agosto de 2023). Reflexiones para la integración de los asentamientos informales a las ciudades en centroamérica. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
- Banco Mundial. (6 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#1>
- Batty, M. (2007). *Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Castilla Urbano, F. (2011). La función de la metáfora organicista en la obra de Alonso de Cartagena. *INGENIUM. Revista de historia del pensamiento moderno*(5), 77-103.
- Chueca Goitia, F. (2019). *Breve historia del urbanismo*. Madrid: Alianza.
- Davis, M. (2006). *Planet of slums*. Verso Books.
- de Régules, S. (2019). *Caos y complejidad*. Barcelona: Shackleton books.
- Fernandes, E. (2011). *Regularización de asentamientos informales en América Latina*. Massachusetts: Lincoln Institute of Land Policy.
- Gadamer, H.-G. (1998). *Verdad y metodo II*. Salamanca: Ediciones Sigueme.
- Gershenson, C. (2007). *Design and Control of Self-organizing Systems*. Mexico City: Coplt ArXives.
- Hernández Gacía, I., & Bernal Niño, R. (2013). *Estética y sistemas abiertos: Procesos de no equilibrio entre el arte, la ciencia y la ciudad*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Maldonado, C. E. (Julio - Diciembre de 2014). El (des)orden de las ciudades. *Análisis. Revista Colombiana de Humanidades*, 46(85), 215-231.
- Mohd Sharif, M. (18 de Noviembre de 2022). ONU-Hábitat. Obtenido de *El futuro de la humanidad será urbano*: <http://bit.ly/4mzEHTu>
- Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.
- ONU-Hábitat. (16 de septiembre de 2024). *Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Situación en que se encuentran las actividades dirigidas a la universalización gradual del acceso a una vivienda adecuada*. Nairobi.
- Pöete, M. (2015). *Introducción al urbanismo. Evolución de las ciudades. Lecciones de la antigüedad*. Oviedo: KRK.
- Sassen, S. (2014). *Expulsions: Brutality and Complexity in the Global Economy*. Cambridge: Harvard University Press.
- SEDATU. (2021). *Trazando Territorios: Ruta para la Planeación y Ordenamiento Territorial Sostenible*. México.
- Silva-Cañaveral, S. J. (Julio-Diciembre de 2016). La investigación-creación en el contexto de la formación doctoral en diseño y creación en Colombia. *Rev. Investig.desarro.innov*, 7(1), 49-61. Obtenido de <file:///D:/DESCARGAS/Dialnet-LaInvestigacioncreacionEnElContextoDeLaFormacionDo-6763111.pdf>
- Sosa Compeán, L. B. (2024). *Complejidad y pensamiento sistémico en el diseño*:

alfabetización ecológica para soluciones sostenibles. Cuaderno 222, 205-2018.

Spencer, H. (1966). ¿Qué es una sociedad? Una sociedad es un organismo. *Reis*(107), 231-243.

UN-Habitat. (2020). *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*. United Nations.

UN-Habitat. (2022). *World Cities Report 2022: Envisaging the future of cities*. Nairobi.

Vaggione , P. (2014). *Planeamiento Urbano para Autoridades Locales*. Bogotá: Ediciones Screen.

Propuesta de investigación: modelo de análisis de las economías de aglomeración con enfoque glocal y de economía social y solidaria. El caso de Naolinco, Veracruz

Research proposal: analysis model of agglomeration economies with a glocal and social and solidarity economy approach. The case of Naolinco, Veracruz

Ivonne Fernández Ortega¹

Resumen: Este documento corresponde a un anteproyecto de investigación elaborado por la misma autora en el marco de su tesis doctoral en curso. Su publicación tiene fines exclusivamente académicos y de divulgación científica, con el objetivo de someter a revisión el enfoque propuesto para el modelo de análisis de las economías de aglomeración con enfoque local y de economía social y solidaria. El contenido aquí presentado forma parte del desarrollo original de la tesis doctoral, principalmente del capítulo 4, en donde se expone el modelo de investigación de las economías de aglomeración, por lo que constituye una etapa legítima del proceso de investigación. En este anteproyecto se plantea un modelo de análisis, aplicable para el estudio de las economías de aglomeración, en donde se identifican las causas por las que las economías de aglomeración analizadas, no son tan representativas como estrategias de desarrollo y crecimiento económico, tomando como referencia los modelos aplicados en otros estados y países, en donde los productores, fabricantes y empresarios que conforman las aglomeraciones, trabajan a través de estrategias que les generan ventajas competitivas que les permite impulsar el desarrollo económico de las mismas; algunas de las estrategias por las que logran distinguirse las economías de aglomeración es a través de la especialización, garantía de calidad, precios competitivos y alta capacidad productiva, obteniendo de esta manera ser reconocidos tanto a nivel nacional como internacional.

Palabras clave: economía de aglomeración, modelo metodológico, glocal, economía social y solidaria.

Abstract: This document proposes a research model applicable to the study of agglomeration economies, which identifies the reasons why the analyzed agglomeration economies are not as representative as strategies for economic development and growth, taking as a reference the models applied in other states and countries, where

¹ Licenciada en Administración de Negocios Internacionales, maestra en Alta Dirección y Gestión Administrativa, doctora en Administración y Desarrollo Empresarial; doctoranda en Investigaciones Económicas y Sociales en el Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales en la Universidad Veracruzana, México.

producers, manufacturers and entrepreneurs that make up the agglomerations work through strategies that generate competitive advantages that allow them to boost their economic development; Some of the strategies by which agglomeration economies distinguish themselves are through specialization, quality assurance, competitive prices and high productive capacity, thus obtaining recognition both nationally and internationally.

Keywords: agglomeration economy, methodological model, glocal, social and solidarity economy.

Introducción

En el presente trabajo se utiliza el modelo planteado para el análisis de las economías de aglomeración, aplicado en el sector del calzado de Naolinco, Veracruz, México, a través de este modelo se analizan el contexto económico, político, social y cultural que inhibe y favorece el desarrollo económico de la aglomeración del calzado de Naolinco, Veracruz, a través de un análisis diagnóstico – microhistórico que permite conocer la historia y la situación actual de dicho sector. Además, se identifican las estrategias de los modelos de aglomeración más representativos del sector a nivel mundial, los cuales son: Italia a nivel internacional y a nivel nacional: Guanajuato; dichas estrategias pueden adaptarse en la economía de aglomeración del calzado de Naolinco, Veracruz, esto a través del análisis epistémico y filosófico global que permite reconocer aquellas tácticas que pueden erradicar las causas por las que el crecimiento y desarrollo potencialmente alto de Naolinco se encuentra estancado en comparación con otras economías de aglomeración que son reconocidas a nivel mundial. Asimismo, se analiza el marco legal y regulatorio que puede afectar o beneficiar al sector del calzado de Naolinco. Finalmente, se crean estrategias glocales que se pueden efectuar para fomentar dicho crecimiento y desarrollo en el sector del calzado en Naolinco, basados en las experiencias nacionales e internacionales.

Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo plantea que las economías de aglomeración pueden analizarse a través de un modelo de investigación que integre el diagnóstico microhistórico, legal y regulatorio de un sector específico. Este enfoque permite generar estrategias con base en el análisis de los modelos de desarrollo aplicados en el principal sector económico del objeto de estudio, identificando los más relevantes en México y en el ámbito internacional; al implementar dichas adecuaciones al modelo estudiado, sin perder su esencia artesanal, adecuándose al contexto glocal, lograría impulsar el desarrollo y crecimiento de la economía de aglomeración analizada.

Planteamiento del problema

Las preguntas de investigación son:

1. ¿Cuál es el procedimiento de investigación que permite generar estrategias para impulsar el desarrollo y crecimiento económico de las economías de aglomeración? (Modelo)
2. ¿Cuáles son las causas del contexto económico, político, social y cultural de la economía de aglomeración del calzado y la marroquinería de Naolinco, que inhiben y favorecen su desarrollo y crecimiento económico? (Análisis diagnóstico – microhistórico).
3. ¿Cuáles son las estrategias de los modelos de aglomeración nacionales e internacionales más representativos del sector del calzado y la marroquinería que pueden implementarse en la economía de aglomeración de Naolinco, Veracruz? (Análisis epistémico y filosófico global).
4. ¿Qué estrategias locales se pueden efectuar a través de la aplicación del modelo propuesto para fomentar el crecimiento y desarrollo de la economía de aglomeración veracruzana del calzado y la marroquinería de Naolinco? (Metodología o Modelo).

Las economías de aglomeración comparten características que permiten ser analizadas desde un modelo a través del cual se lleve a cabo un procedimiento diagnóstico de determinado sector, orientado a identificar los factores que impulsan su desarrollo económico, así como aquellos que lo inhiben, para ello, es necesario implementar un proceso de investigación y referenciación que permita generar estrategias para fomentar el crecimiento económico del sector estudiado.

Para comprobar la efectividad del modelo propuesto, en este trabajo se realiza simultáneamente la aplicación de este en el caso del calzado en Naolinco, Veracruz, en donde se identifica un estancamiento de crecimiento y desarrollo en comparación con otras economías similares tanto a nivel estatal como a nivel internacional, como lo describe el artesano zapatero de Naolinco, Gonzalo Rafael, quien menciona que actualmente este sector se enfrenta a la falta de interés de aprender el oficio por parte de las generaciones jóvenes, además del impacto negativo provocado por la competencia desleal de calzado importado, principalmente de calzado o insumos provenientes de China, que se comercializan a precios más competitivos aunque de menor calidad (Landa, 2024).

Para conocer las causas que inhiben el crecimiento y desarrollo económico de dicha aglomeración, es necesario llevar a cabo una investigación sobre el entorno económico, político, social y cultural de las aglomeraciones veracruzanas, en este caso, de la localidad de Naolinco, Veracruz, en donde se encuentra la aglomeración de artesanos zapateros y dedicados a la marroquinería. Para poder generar propuestas que impulsen el crecimiento y desarrollo económico de dicha aglomeración, se requiere obtener información que permita observar y analizar las problemáticas que impiden

el crecimiento y desarrollo económico de los zapatos artesanales de la localidad, y que, por el contrario, se muestran en decrecimiento del precio y calidad debido a la competencia, situación que es contraria en otras economías de aglomeración con el mismo giro tanto a nivel nacional, como internacional, este análisis es necesario para tener una referenciación de las estrategias implementadas en el mismo ámbito desde distintas las experiencias en otras regiones.

Metodología

Tipología de la metodología de investigación

Enfoque mixto: cualitativo y cuantitativo

Perspectiva retrospectiva: la investigación se realiza para conocer la situación actual de las economías de aglomeración veracruzanas, describir por medio de su microhistoria, la forma en la que han trabajado a través de los años, su forma de organización, problemáticas que enfrentan y las que han enfrentado, así como saber la forma en la que han logrado continuar trabajando en el sector del calzado y la marroquinería a través de los años.

Perspectiva prospectiva: prever las situaciones, problemas y áreas de oportunidad a las que se puede enfrentar la economía de aglomeración de Naolinco y plantear soluciones y estrategias en cada caso.

Alcance temporal: transversal del 2000 al 2024.

Profundidad: explicativa

Instrumentos de indagación

A continuación, se presentan los instrumentos y técnicas utilizadas para la indagación y obtención de datos relevantes para la investigación, divididos en las 4 fases del modelo propuesto:

En la primera fase, correspondiente al diagnóstico y la microhistoria de Naolinco y el sector del calzado y la marroquinería, los instrumentos de indagación son a través de:

- Aproximación individual por medio de encuestas y entrevistas a los informantes claves, que son zapateros reconocidos de Naolinco, principalmente quienes tienen más de 20 años dedicándose a ese oficio y a los más jóvenes para poder identificar la diferencia cosmogónica conforme a su edad.
- Método de observación para comprender el comportamiento y contexto de los sujetos de estudio, obteniendo los resultados a través del llenado de fichas, grabaciones, fotografías y listas de chequeos.
- Aproximación contextual que permita conocer el entorno de los sujetos de estudio.
- Método de observación en fechas cercanas y el día de muertos (2 de noviembre), en donde las tradiciones locales atraen a los turistas y en esta época se incrementan

exponencialmente las ventas en tanto en el sector del calzado y la marroquinería, como en el gastronómico y ecoturístico.

Las técnicas de investigación utilizadas en la primera fase diagnóstica de Naolingo son las siguientes:

- Encuestas a zapateros de Naolingo.
- Encuestas a los principales compradores de calzado de la zona.
- Entrevistas a los informantes claves.
- Test que permita conocer la disposición de los zapateros para trabajar bajo un paradigma basado en la Economía Social y Solidaria.
- Observación: conocer los valores familiares, económicos y contextuales de los zapateros.
- Determinar los actores involucrados, situación y caso.
- Determinar los objetivos de la observación.
- Determinar la forma con que se van a registrar los datos.
- Participar de forma cuidadosa y crítica.
- Registrar los datos obtenidos.
- Analizar e interpretar los datos.
- Elaborar conclusiones.
- Elaborar el informe de observación.

Economías de aglomeración

El concepto de economías de aglomeración hace referencia a los beneficios económicos, sociales y en la cadena productiva que surgen cuando las empresas, las personas, ya sean trabajadores, estudiantes, etc. e instituciones se concentran geográficamente en un mismo territorio. Esta cercanía favorece a la creación de vínculos, el intercambio de conocimiento, el acceso compartido a recursos, infraestructura, insumos, entre otros, lo cual impacta directamente en la reducción de costos. Además, como afirmaba el economista clásico Alfred Marshall, impulsa la creación de ventajas “Que obtienen las personas que ejercen el mismo oficio al estar en cercanía unas de otras” (Marshall, 1920).

Glaeser (2010), destaca que las economías de aglomeración tienen “Beneficios que se obtienen cuando las empresas y las personas se ubican unas cerca de otras en ciudades y clústeres industriales”. Esta cercanía permite que los insumos, infraestructura e ideas, lleguen y sean llevados a cabo de manera eficaz y eficiente, así como el establecimiento de relaciones económicas más sólidas. Esto genera un ecosistema económico en el que la interacción constante eleva la productividad y la creatividad colectiva.

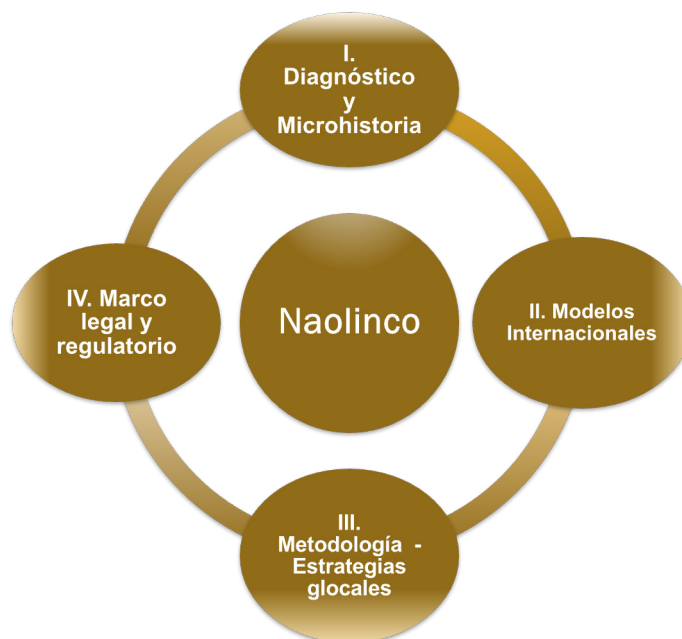
Duranton y Puga (2003), señalan que estas economías se basan en tres mecanismos principales: compartir recursos e infraestructuras, vinculación eficiente de los actores involucrados y el aprendizaje colectivo a través de la cercanía.

De acuerdo con Hernández-González & Escobar-Aliaga (2021), la economía social y solidaria es una alternativa estructurada con fundamentación social y un contacto directo con la realidad de vida en un sentido amplio.

Modelo de análisis de las economías de aglomeración

En la siguiente imagen se muestra el modelo de análisis de las economías de aglomeración.

Imagen 1. Modelo de análisis de las economías de aglomeración



El modelo presentado anteriormente, pretende generar la información necesaria para crear propuestas que impulsen el desarrollo y crecimiento de las aglomeraciones veracruzanas y sean aplicadas, en este caso, en la localidad de Naolinco, Veracruz. Sin embargo, la información contenida no es exclusiva de dicha región y puede ser utilizada como base para el estudio y análisis de otras economías de aglomeración.

El objetivo de este procedimiento metodológico es permitir estudiar las economías de aglomeración, por medio de un diagnóstico del sector de la aglomeración que sea caso de estudio, posteriormente, se realiza una investigación a nivel nacional e internacional de las economías de aglomeración más representativas en dicho sector, de las cuales puedan retomarse las principales estrategias que puedan implementarse en la economía de aglomeración estudiada, aplicando dichas estrategias de manera glocal. Para verificar la aplicabilidad del modelo metodológico propuesto, en el presente trabajo se utiliza dicho modelo en la economía de aglomeración del sector del calzado y la marroquinería en Naolinco, Veracruz.

La investigación de campo para la primera fase, se lleva a cabo a través de:

- Visitas a la localidad de Naolinco, Veracruz para conocer su contexto económico, político, social y cultural.
- Recorrido durante el periodo de día de muertos (2 de noviembre 2023 y 2024) para conocer su cultura e identificar las áreas de oportunidad en el sector turístico de Naolinco, Veracruz.

En la segunda fase del modelo, se identifican los principales modelos internacionales en el sector del calzado y la marroquinería a nivel mundial a través de la información recopilada de fuentes internacionales, una vez identificados los modelos internacionales referenciales para la aplicación del modelo, se procede al uso de los instrumentos de indagación, los cuales son:

- Método de observación en Venecia, Montebelluna, Verona, Milán y Vigevano en Italia, León, Guanajuato y Guadalajara en Jalisco, esto con la finalidad de comprender el comportamiento y contexto de los zapateros europeos y guanajuatenses, obteniendo los resultados a través del llenado de fichas, grabaciones, fotografías y listas de chequeos.
- Aproximación individual por medio de encuestas y entrevistas a los informantes claves que son zapateros, diseñadores y artesanos que trabajan la marroquinería y que llevan más de 20 años dedicándose a ese oficio en Italia y Guanajuato, y a los más jóvenes para poder identificar la diferencia cosmogónica conforme a su edad.
- Aproximación contextual que permita conocer el entorno de los zapateros, diseñadores y artesanos que trabajan la marroquinería en Italia.
- Participación en la Fiera di Milano 2024 (Feria de Milán), para conocer las estrategias utilizadas en el sector del calzado y la marroquinería, a través de las exhibiciones en las áreas de la piel, los accesorios, la maquinaria y tecnología; estas se presentan por medio de las secciones de: Lineapelle, MICAM Milano, MICAM academy, Mipel, Micam taste, Milano fashion & Jewels y Simac Tanning Tech.
- Recopilación de información a través de la observación y entrevistas en las economías de aglomeración del sector del calzado y la marroquinería en Europa y México que tienen mayor participación en este sector, las cuales son: Lombardía, Toscana, Venecia y Véneto en Italia y, a nivel nacional: León, Guanajuato.

En la tercera fase, correspondiente a la identificación de estrategias locales, se utiliza una metodología de selección que clasifica por criterios aquellas estrategias en general y se eliminan aquellas cuyas variables no coinciden con las de Naolinco, pues esto significa que dichas estrategias no pueden ser aplicadas en el caso de estudio.

Finalmente, se obtiene la información legal y regulatoria en materia de economía social y solidaria, a través de un método deductivo que va desde lo internacional, hasta lo local, analizando las leyes y normas desde la Agenda 2023 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos,

como aquellas que también tienen algún impacto en los temas de planeación, la producción de calzado y en términos de calidad.

Diagnóstico y microhistoria

En la primera fase del modelo aplicado, se realiza un diagnóstico de dicho municipio y un análisis microhistórico, a través de la recopilación de información, la metodología de observación, encuestas y entrevistas con los zapateros artesanos que sean informantes claves en la localidad, logrando de esta manera conocer el contexto en el que se encuentran, la manera en la que piensan, cómo llevan a cabo sus trabajos artesanales, de dónde obtienen sus insumos, cuál es su cadena productiva, cuál es su mercado meta, de qué manera se interrelacionan, y así identificar las problemáticas o áreas de oportunidad que permitan crear propuestas para fomentar el crecimiento y desarrollo de este sector en la localidad de Naolinco.

Modelos internacionales

En la segunda fase, se deben analizar otras aglomeraciones de calzado existentes que sean más representativas a nivel nacional e internacional. Con este análisis referencial se pretende observar el contexto y las estrategias que han permitido a estas aglomeraciones incrementar su economía y desarrollo en este sector, mientras que en la localidad de Naolinco, el reconocimiento del calzado es únicamente local, por lo tanto, sus precios, ventas y desarrollo económico en general, es menor en comparación con el calzado de dichas ciudades.

Metodología - estrategias locales

La tercera fase consiste en la metodología, cuyo objetivo es conocer el contexto y las estrategias que utilizan en las ciudades referenciales que las hacen ser altamente competitivas, este proceso es resultado del análisis previo de estas ciudades referenciales más representativas en el sector del calzado, a través del cual, se busca referenciar las estrategias que puedan ser aplicables en el municipio de Naolinco, Veracruz.

Marco legal y regulatorio

En la cuarta fase se analiza el marco legal y regulatorio con un enfoque de lo general a lo particular, detallando la fundamentación legal aplicable para las economías sociales y solidarias, así como al sector del calzado, abarcando los niveles internacionales, nacionales, estatales y municipales.

Procedimiento metodológico desarrollado

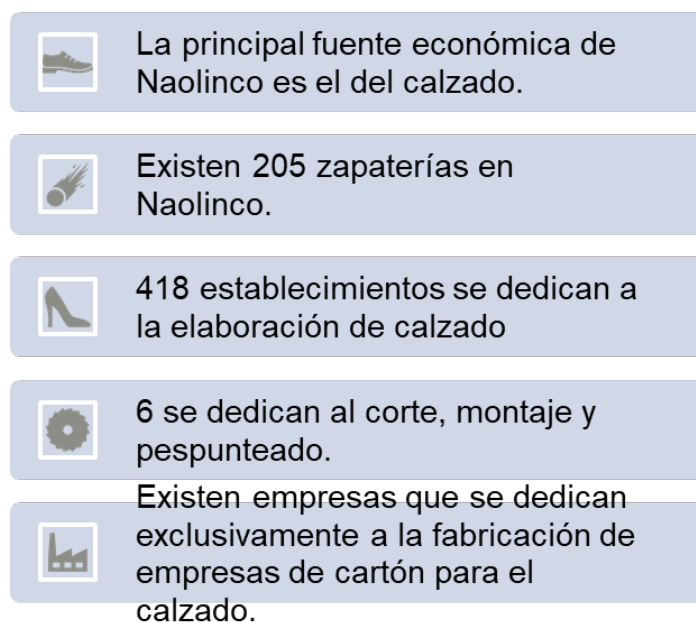
A continuación, se presenta el procedimiento metodológico aplicado en el sector del calzado y la marroquinería en Naolinco, Veracruz. Para ello inicialmente, se presenta el proceso de diagnóstico y microhistórico, en donde se presentan los datos económicos a niveles estatal y municipal; posteriormente se expone el análisis de los modelos internacionales en dicho sector, considerando aquellos que tienen una mayor representación a nivel mundial y nacional; después, se muestra la metodología de las estrategias glocales que utilizan los modelos más relevantes en este nicho, destacando aquellas que son aplicables en el caso de estudio; finalmente, se encuentra el marco legal y regulatorio aplicable, desde una metodología deductiva, que va de lo general a lo particular, en este caso, abarcando el sistema legal y regulatorio internacional, federal, nacional, estatal y municipal.

Diagnóstico de la economía de aglomeración veracruzana del calzado y la marroquinería de Naolinco.

En esta sección, se presenta la información obtenida en el sector del calzado y la marroquinería de la localidad, la cual, aborda un contexto más histórico, cultural e inmersivo de la cosmovisión de los artesanos de Naolinco, sus intereses, prioridades, la forma de vida y el entorno en el cual se desarrolla el arte del zapato y de los accesorios de cuero, esto a través del trabajo de campo realizado para obtener una información más trascendente para esta investigación.

A continuación, se presenta la información más destacada y actualizada que presenta el INEGI en el sector del calzado en Naolinco.

Imagen 2. Sector del calzado en Naolinco, Veracruz



Una de las principales ventajas del calzado artesanal es que puede ser realizado a la medida y necesidades del cliente, que van desde la utilidad para necesidades médicas específicas hasta las peculiaridades específicas del diseño.

Modelos referenciales del sector del calzado a nivel mundial

Modelo latinoamericano

Así como Naolinco, existe una ciudad en el Estado de Guanajuato llamada León, en donde la mayoría de su población se dedica a la producción y comercialización de calzado de piel y otros accesorios derivados de la misma. A diferencia de Naolinco, esta ciudad ha tenido un alto impacto a nivel nacional, con altos niveles de venta y distribución, así como en materia de comercio exterior ya que de acuerdo con la información del periódico el Sol de León (2018), la ciudad se ha posicionado como líder exportadora de calzado. En la región existen 15 mil 300 talleres y unidades económicas que se dedican a esto, la gran mayoría de ellos en esta misma ciudad.

Es importante conocer los motivos por los cuales la ciudad de León, Guanajuato está posicionada como líder en exportaciones de calzado y su crecimiento alrededor de la industria ha sido exponencial, a diferencia de la localidad de Naolinco, en donde la diferencia es sustancial en términos de desarrollo en el sector del calzado. León se ha consolidado como el principal productor nacional de calzado derivado de su alto nivel de producción y el establecimiento de una estructura empresarial sólida. En 2024, la industria en Guanajuato produjo más de 94 millones de pares de zapatos, equivalentes al 75 % del volumen del país (CICEG, 2024).

Por otro lado, Naolinco resalta como un referente de producción artesanal local en Veracruz, sin embargo, cuenta con un volumen limitado a nivel productivo y comercial, ya que, según los datos del INEGI reportados por La Silla Rota (2025) tan solo en el 2019, se censaron en Guanajuato 4,698 unidades económicas de la industria del calzado, lo cual representa más de 10 veces la producción en Veracruz.

De acuerdo con la información del INEGI en La Silla Rota (2025), del 2014 al 2019 disminuyó la cantidad de unidades económicas relacionadas al calzado en Veracruz. Durante el 2014 se contabilizaron 1,173 negocios de dicha industria en el estado, lo que representa un decremento de más del 50 por ciento en un periodo de 5 años.

El clúster está ubicado en la ciudad de León en el estado de Guanajuato en México, alberga uno de los clústeres industriales de piel y calzado más grandes e importantes del mundo. Desde el siglo XVII se tienen registros de zapateros. (Morales, Luna & Ayala, 2010, p. 2).

Los principales Impulsores del Clúster de León, Guanajuato, son:

- Empresarios fundadores que no son originarios de esta región de León, escogieron esta zona por la cercanía a proveedores y la facilidad para contratar mano de obra calificada, dada la tradición histórica de la región.
- La cercanía con la demanda local, con ciudades de fuerte desarrollo industrial y alto nivel adquisitivo.
- Fuertes encadenamientos productivos como las curtidoras locales y regionales.
- Aprendizaje dado la experiencia de las industrias tradicionales.
- Universidades y personas influyentes

Modelo europeo

Europa es un referente de la moda en general, principalmente Italia en donde son pioneros en las tendencias, tecnología y diseño del calzado. Uno de los sectores que se destacan del mundo de la moda es el calzado de cuero y la marroquinería, pues históricamente Europa se ha posicionado como un referente a nivel mundial en este ámbito, desde la materia prima de alta calidad como son las pieles bovinas de Italia, las técnicas de curtido de la piel de alta calidad que se trabaja en Italia, la manufactura realizada con estándares de alta calidad, y finalmente, el status elevado que tiene este sector a nivel mundial, principalmente de los producidos en Italia (Assocalzaturifici, 2023; Grand View Research, 2024; Reche, 2019).

Los productos que se producen en Europa y que son referentes en el sector del calzado y la marroquinería, son: los zapatos, bolsas, cinturones, carteras, maletas de viaje, chamarras de cuero, tarjeteros, libretas, llaveros, identificadores, entre otros.

Italia se posicionó como uno de los principales países exportadores de calzado de cuero a nivel internacional, al registrar más de 14 millones de pares de zapatos exportados (World Bank WITS, 2023). Este volumen es un reflejo de la percepción del alto valor que tienen sus productos a nivel internacional, esto evidencia que las estrategias que utilizan en Italia tienen alto impacto en el mercado, es por ello que se debe analizar dicho modelo que se basa en los sistemas productivos locales sólidos, conocidos como distritos industriales, en donde la colaboración entre empresas, proveedores y centros de diseño fortalecen la innovación y la competitividad (Reche, 2019).

Con la información anterior se puede observar que Italia es el principal referente en la industria del calzado y la marroquinería en Europa, por lo que dicho país es base referencial en la presente investigación, con la intención de identificar las estrategias aplicables de manera glocal en Naolinco.

Estrategias glocales

Se requiere que los zapateros puedan coadyuvar con otros actores involucrados como los estudiantes e investigadores de las universidades que se encuentran interesados en

investigar o trabajar por el beneficio de las economías sociales y solidarias del Estado. Como es el caso de Italia y con esta implementación se podrían incrementar las ventas, disminuir los costos de producción, mejorar los procesos e impulsar el crecimiento y desarrollo económico de esta economía de aglomeración veracruzana. Además, se implementarán estrategias y herramientas que generen espacios de diálogo que permitan la vinculación entre zapateros, estudiantes y el gobierno para poder identificar las áreas de oportunidad y las líneas de acción en el sector de calzado de Naolinco.

Las estrategias glocales que podrían ser aplicables en el caso de estudio del presente trabajo, basadas en la investigación previa de las ejecutadas en el modelo latinoamericano y europeo del sector del calzado, son:

- *Trabajo colaborativo con las universidades y empresarios*

Trabajar en coadyuvancia con las universidades, con la finalidad de generar apoyo a las empresas de Naolinco dedicadas al calzado, a través del desarrollo de tecnología, diseños innovadores, mejoras en la marca, branding, imagen y productos, creación de objetivos y estrategias, análisis de las empresas, estudios de mercado y proyectos de crecimiento, expansión y exportación.

- *Pentahélice*

El modelo de la triple hélice propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (2000) ha sufrido varias metamorfosis, iniciada con una tríada de hélices (modelo descrito con anterioridad), hasta su más reciente versión: pentahélice. El objetivo de este modelo es ir más allá de la vinculación universidad-empresa-Estado; se busca innovar a través de desarrollar conocimiento cooperativo, integrando la necesidad económica, la sociedad civil y la sustentabilidad del medio ambiente para hacer frente al cambio climático (Carayannis y Campbell, 2010).

De acuerdo con Carayannis y Campbell (2010) y Leydesdorff (2012), la quinta hélice representa la inclusión del entorno natural al modelo, estableciendo el medio ambiente como elemento central en el proceso para generar conocimiento e innovación encaminados a salvaguardar, preservar y revitalizar a la población mundial a través de tecnología verde que se adecúe a los desafíos del cambio climático; entonces, este modelo busca la ecoinnovación respaldada por ecoempresarios.

- *Deslocalización industrial*

La deslocalización de actividades económicas está definida como el "proceso por el cual una empresa de capital foráneo, situada en un país cualquiera toma la decisión de abandonar su actividad parcial o totalmente, cualquiera que sea la causa que la determine". Es decir, está asociado tanto a la búsqueda de competitividad a través de menores costes (salarios y materias primas), como de ventajas tecnológicas. Esta definición es ampliada por Canals (2006) para incluir todas las empresas locales, independientemente del capital, "que fragmentan la producción del bien final en

distintas tareas o bienes/servicios intermedios y decide producirlos en distintas filiales localizadas en distintos países" (Ruesga y Bichara, 2008).

- ***Internacionalización de manufactura***

Una de las formas de negocio que realizan los empresarios chinos en Italia, es ofrecer a las empresas tanto italianas como en otras partes del mundo, la posibilidad de manufacturar sus productos en China, logrando así, disminuir sus costos e incluso, utilizando el certificado Made in Italy puesto que trabajan con el cuero italiano y concluyen la producción en Italia, logrando así, tener una triangulación que modifica el modelo de negocios tradicional y utiliza las ventajas legales y comerciales internacionales para ofrecer productos de menor costo y ser más competitivos.

Marco legal y regulatorio

En el contexto político Federal existe la Ley de la Economía Social y Solidaria (LESS), esta ley tiene por objeto establecer los mecanismos para fomentar el desarrollo, fortalecimiento y visibilidad de la actividad económica del Sector Social de la Economía, así como, definir las reglas para la promoción, fomento y fortalecimiento del Sector Social de la Economía, como un sistema eficaz que contribuya al desarrollo social y económico del país, a la generación de fuentes de trabajo digno, al fortalecimiento de la democracia, a la equitativa distribución del ingreso y a la mayor generación de patrimonio social.

En el Estado de Veracruz se tiene acceso al apoyo de instituciones gubernamentales como el Instituto Nacional de la Economía Social (INAES), el cual, tiene como objeto "instrumentar las políticas públicas de fomento y desarrollo del sector social de la economía, con el fin de fortalecer y consolidar al Sector como uno de los pilares de desarrollo económico y social del país, a través de la participación, capacitación, investigación, difusión y apoyo a proyectos productivos del Sector" (Instituto Nacional de la Economía Social [INAES], 2020, párr. 1).

La Promotora Nacional de Economía Solidaria (PRONAES), está conformada por un grupo de personas comprometidas con nuestro país, organizando y detonando el desarrollo de una economía social entre nuestros ciudadanos, en colaboración con el sector público y privado. Fomentando el trabajo en conjunto de cada uno como ciudadano, en el cual genere empatía y se logre beneficiar a más personas, aprovechando su demografía, cultura y competencias. (PRONAES, 2024).

CONOCER coordina y promueve el Sistema Nacional de Competencias para que México cuente con empresarios, trabajadores, docentes, estudiantes y servidores públicos más competentes. Las competencias de las personas son los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes individuales, es decir aquello que las hace

competentes, para desarrollar una actividad en su vida laboral” (CONOCER, Gobierno de México, 2023).

Resultados

La propuesta del modelo metodológico de análisis de las economías de aglomeración, el cual consta de 4 fases de investigación y análisis del sector estudiado, fue adaptado al caso específico del sector del calzado en Naolinco, Veracruz. Este modelo permite un acercamiento al contexto económico, político, social y cultural del sector analizado. Uno de los principales hallazgos de la adaptación del modelo al sector del calzado, es que, en el proceso de implementación del modelo en un sector determinado, permite construir estrategias glociales basadas en el conocimiento integral del entorno del sector, de esta manera se explora, con profundidad, el contexto económico, político, social y cultural de la economía de aglomeración analizada.

Entre los hallazgos más significativos de la implementación del modelo en la economía del calzado en Naolinco, Veracruz, destacan las estrategias glociales derivadas del estudio de las economías referenciales del sector, estas son:

- Fomentar el trabajo colaborativo entre productores locales, universidades y empresarios, para generar innovación social y técnica.
- Impulsar la gobernanza territorial basada en el modelo de la pentahélice, promoviendo la interacción entre el sector público, privado, académico, social y medioambiental.
- Identificar nuevas formas de deslocalización industrial, que permitan diversificar procesos de producción sin perder su esencia artesanal. Así como explorar la posibilidad de participar en el proceso de manufactura de este tipo en otras economías de este sector.
- Avanzar hacia la internacionalización de la manufactura, mediante estrategias de comercialización, calidad y marca territorial que conecten la producción local con nichos de mercado globales.

El modelo metodológico es una herramienta aplicable en otras economías de aglomeración, y, para el sector del calzado, estos resultados surgen del diagnóstico integral del sector del calzado en Naolinco, ofreciendo las estrategias glociales y las líneas de acción de la aplicación del modelo para impulsar el crecimiento económico de dicho sector.

Discusión

A pesar de que en Guanajuato se concentra el 69% de la producción de calzado en México (CICEG, 2024). Naolinco es reconocido a nivel local como el principal productor de calzado en Veracruz, es por ello, que después del análisis a través del modelo propuesto, se debe ponderar si a Naolinco le conviene competir con Guanajuato, o, por otra parte, colaborar con las empresas de dicho estado. Otra de las áreas de

oportunidad identificadas es el planteamiento de estrategias comerciales con los principales exportadores de calzado reconocidos a nivel mundial como lo es Italia. Estas últimas estrategias, aunque pudieran parecer que no son de crecimiento y desarrollo, realmente son estrategias distintas que pueden generar una ventaja competitiva en proyectos de negocio novedosos como lo es la internacionalización manufacturera que es común en otros países en este sector mientras que en México aún se utiliza la comercialización del producto terminado.

La principal problemática del modelo presentado anteriormente, es la adaptación de las estrategias con un contexto global a una economía local, sin embargo, para ello es necesario que el modelo sea ajustado de acuerdo a las necesidades de la economía que se analiza, integrando aquellos factores de análisis que permitan una incluir los estudios necesarios para poder determinar aquellas estrategias que puedan ser aplicadas a nivel local y que influyan positivamente en el desarrollo y crecimiento del caso estudiado.

En el caso del marco legal y regulatorio, es importante analizar el objetivo de la economía de aglomeración, ya que se debe analizar dicho marco de manera local, municipal, estatal, federal e incluso internacional si se trata de un caso de exportación o importación como estrategia a impulsar a las economías analizadas.

El factor de pentahélice fue incluido en el modelo metodológico, sin embargo, se identifica como área de oportunidad para realizar individualmente cada uno de los actores involucrados, los cuales, en este caso, son: los zapateros de Naolinco, las universidades públicas y privadas, los empresarios del sector del calzado, inversionistas y clientes potenciales. Si bien, la pentahélice es una estrategia y no forma parte fundamental del modelo de análisis de las economías de aglomeración, este puede ser adaptado a los actores que forman parte de la economía que se esté analizando, lo cual, puede ser un factor clave para la obtención de estrategias glociales.

Conclusiones

El análisis de las economías de aglomeración puede ser realizado a través del modelo propuesto en este trabajo, ya que este abarca la visión global, desde un enfoque local, resaltando su importancia actual. Además, este modelo es aplicable tanto a nivel nacional como internacional, analizando el contexto económico, político, social y cultural de la economía de aglomeración estudiada.

El sujeto de estudio puede cambiar y dependiendo del contexto de este, es posible que requiera agregar algún análisis del modelo, sin embargo, el resultado obtenido de este es una referencia importante para conocer el entorno de las economías estudiadas.

Finalmente, se observa que el modelo metodológico desarrollado concluye en estrategias globales en el estudio local de una economía de aglomeración veracruzana,

lo que permite concluir que el modelo presentado, pueda tener las bases y las herramientas para generar estrategias que impulsen el desarrollo de las economías analizadas.

Referencias

- Canals C. (2006), "Offshoring y deslocalización: nuevas tendencias de la economía internacional". Documentos de economía la Caixa, 3.
- Carayannis, E. G. y Campbell, D. F. J. (2010). Triple helix, quadruple helix and quintuple helix and how do knowledge, innovation, and environment relate to each other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41-69.
- Cámara de la Industria del Calzado del Estado de Guanajuato (CICEG). (2024). Monitoreo económico de la industria del calzado: Prospecta 2024. https://ciceg.org/storage/files/67d35bc719eb3_Monitoreo_Economico_Industria_Del_Calzado.pdf
- CONOCER. (21 de marzo de 2023). Gobierno de México. Obtenido de <https://conocer.gob.mx/que-hacemos/>
- Duranton, G., & Puga, D. (2003). Micro-foundations of urban agglomeration economies. NBER Working Paper No. 9931. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w9931/w9931.pdf
- Etzkowitz, H.; Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation from national systems and "mode 2" to a Triple Helix of University-Industry government relations. N°29:109-123.
- Glaeser, E. L. (2010). Agglomeration Economics (pp. 1–14). University of Chicago Press. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c7977/c7977.pdf>
- Hernández-González, D. F., Escobar-Aliaga, M. (2021). Manifiesto de la economía social y solidaria: 3ª Década del Siglo XXI. *Interconectando Saberes*, (12), 137-150. <https://doi.org/10.25009/is.v0i12.2713>
- INAES. (2020). ¿Quéhacemos?. 10 de octubre del 2020, de Instituto Nacional de la Economía Social. Disponible en: <https://www.gob.mx/inaes/que-hacemos>
- Landa, S. (2024). Zapateros de Naolinco se ven amenazados por competencia china. *Liberal del Sur (Crónica de Xalapa)*. <https://cronicadexalapa.com.mx/zapateros-de-naolinco-se-ven-amenazados-por-competencia-china/>
- La Silla Rota. (2025). Estos son los municipios de Veracruz con mayor producción de calzado: INEGI. <https://lasillarota.com/veracruz/estado/2025/2/22/estos-son-los-municipios-de-veracruz-con-mayor-produccion-de-calzado-inegi-524360.html>
- Marshall, A. (1920). *Principles of Economics* (8.ª ed., Libro IV, Capítulo X). Macmillan and Co. <https://oll.libertyfund.org/title/marshall-principles-of-economics>
- Martínez, A. (2007 marzo-abril). ¿Es factible hablar de un distrito industrial del calzado en León? *Economía Informa*. 345, p. 6.
- Morales, J. (2019). Zapatero, un oficio en peligro de desaparecer en Naolinco; proveedores prefieren calzado chino. *Diario de Xalapa*. Disponible en: <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/zapatero-un-oficio-en-peligro-de->

desaparecer-en-naolinco-proveedores-prefieren-calzado-chino-naolinco-zapatos-compra-crisis-recursos-apoyo-15559853?token=-2026170502

Morales, V., Luna, B., y Ayala, D. (2010). La cadena de abastecimiento dentro del clúster cuero calzado en Guanajuato: Retos y oportunidades para la innovación tecnológica. pp. 2,19. Guanajuato, México.

PRONAES (2024). Promotora Nacional de Economía Solidaria <https://pronaes.com/nosotros.php#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20somos%3F,el%20sector%20p%C3%ABlico%20y%20privado>.

Ruesga, S. M., & Bichara, J. A. (2008). Globalización, empleo y desarrollo humano: una perspectiva crítica. Plaza y Valdés.

**METODOLOGÍAS DE DESARROLLO
DE *SOFTWARE* EN SISTEMAS
TECNOLÓGICOS MODERNOS**

Seguimiento inteligente: modelando movimiento de objetos en cámaras de video

Smart tracking: modeling object motion in video cameras

Ángel J. Sánchez-García¹

Resumen: El seguimiento y modelado de objetos en movimiento es una tarea fundamental dentro del campo de la visión artificial, con aplicaciones en videovigilancia, vehículos autónomos, monitoreo de tráfico y más. Este texto presenta una metodología integral que incluye segmentación, análisis de flujo óptico y modelado mediante el filtro de Kalman. Se inicia con la segmentación de objetos en una escena, utilizando características como color, forma o textura. Posteriormente, se aplica el flujo óptico para detectar movimiento entre *frames* consecutivos, superando desafíos como el problema de la apertura mediante la detección de esquinas. Los vectores de movimiento se agrupan para formar regiones, y se define una cubierta convexa para representar cada objeto. Finalmente, el filtro de Kalman permite estimar posiciones futuras con base en mediciones anteriores, mejorando la precisión del seguimiento. Esta metodología permite adaptar el seguimiento a distintos entornos, anticipar comportamientos y facilitar la toma de decisiones automáticas en tiempo real.

Palabras clave: visión por computadora, seguimiento, movimiento, flujo óptico, filtro de Kalman

Abstract: Tracking and modeling moving objects is a fundamental task within the field of computer vision, with applications in video surveillance, autonomous vehicles, traffic monitoring, and more. This chapter presents a comprehensive methodology that includes segmentation, optical flow analysis, and Kalman filter modeling. It begins with the segmentation of objects in a scene, using features such as color, shape, or texture. Optical flow is then applied to detect motion between consecutive frames, overcoming challenges such as the aperture problem through corner detection. Motion vectors are grouped to form regions, and a convex hull is defined to represent each object. Finally, the Kalman filter allows future positions to be estimated based on previous measurements, improving tracking accuracy. This methodology makes it possible to adapt tracking to different environments, anticipate behaviors, and facilitate automatic decision-making in real time.

Keywords: computer vision, tracking, motion, optical flow, Kalman filter.

¹ Doctor en Inteligencia Artificial. Universidad Veracruzana. angesanchez@uv.mx

Introducción

En la actualidad, no se puede concebir el mundo sin tecnología, pues esta se encuentra ya en todas partes. Las nuevas generaciones crecen con dispositivos inteligentes que permiten gestionar la vida cotidiana; desde recomendaciones para ver una película, asistentes inteligentes para escuchar música y *chat bots* que responden a muchas de las preguntas que se tienen. Avances tecnológicos se han dado gracias al desarrollo y crecimiento del área llamada inteligencia artificial, la cual proporciona muchos elementos para tomar decisiones de manera automática.

En las últimas décadas, el campo de la visión artificial ha experimentado una evolución importante, permitiendo a las computadoras percibir, interpretar y comprender la información visual de maneras que antes se consideraban ciencia ficción. Dentro de las actividades más relevantes en este campo se encuentran el seguimiento y modelado de objetos en movimiento en video. Este tema se encuentra en la intersección de varias disciplinas, como la visión artificial, el procesamiento de imágenes, el aprendizaje automático y la robótica, y desempeña un papel vital en una amplia gama de aplicaciones del mundo real, como la vigilancia, la conducción de vehículos autónomos, la monitorización del tráfico y la realidad aumentada.

En los sistemas de videovigilancia, esta capacidad es fundamental para monitorear espacios públicos, detectar comportamientos anómalos (Liu et al., 2018) (Parthasarathy et al., 2019) y garantizar la seguridad en tiempo real (Sigh et al., 2018) (Garje et al., 2018) (Sarcar & Yousuf, 2019). Este comportamiento anómalo dependerá de cada ambiente y sus características. Por ejemplo, el detectar movimiento de objetos muy rápido en alguna plaza o banco genera un movimiento anómalo que puede percibirse como alguna alarma de robo, mientras que en hospitales pudieran interpretarse los movimientos rápidos como alguna caída de algún infante o de algún adulto mayor. Finalmente, si se está monitoreando los objetos que pasan a través de una carretera, es posible identificar aquellos que se mueven más rápido y, por lo tanto, notificar algún peligro de un potencial accidente vehicular. Como podría intuirse, la velocidad que puede ser tolerable en cada uno de estos tres escenarios es diferente; sin embargo, la tarea es la misma: identificar objetos que se mueven de manera sospechosa.

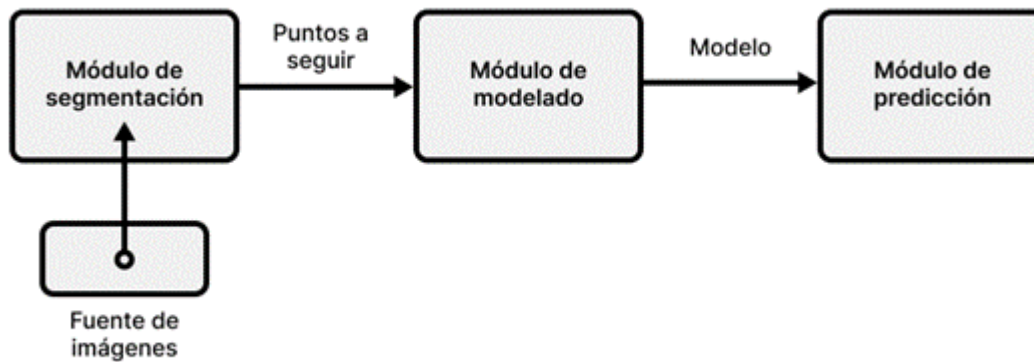
El presente capítulo busca dar un panorama general de la metodología para realizar el proceso de modelado y seguimiento de objetos en movimiento; con el fin de poder aplicarlo a diferentes ambientes, dados los parámetros y circunstancias de cada escena en particular.

Metodología

Para realizar este seguimiento de objetos en movimiento es necesario abordar dos conceptos principales: segmentación y modelado. Estas tareas son indispensables

para tener estimaciones precisas del movimiento de uno o más objetos en una escena. La figura 1 muestra el panorama del proceso dividido en 3 módulos principales: módulo de segmentación, módulo de modelado, y módulo de predicción.

Figura 1 Método para el seguimiento de objetos en movimiento



Módulo de segmentación

Un paso esencial en el análisis de objetos basados en contenido es realizar una separación espacial de un objeto, del contexto de la imagen actividad cuyo proceso se denomina segmentación. Si bien es cierto que la identificación de los límites que delimitan un objeto es sencillo de identificar para el ojo humano, hacerlo de manera automática es una tarea no trivial (Garcia et al., 2008). En el módulo de segmentación se recibe un conjunto de imágenes (*frames*) de una fuente de video que servirá principalmente para identificar los objetos de interés del ambiente. Existen tres formas tradicionales para segmentar e identificar objetos en una sola imagen, a partir del color de la forma o de la textura.

Hay casos en los que se requiere conocer la ubicación de objetos de un color específico, de modo que los píxeles vecinos que comparten un color similar se agrupen (Littmann & Tirret, 1997)(Fuh et al., 2000)(Wu et al., 2000)(Fleye, 2004). Los objetos también pueden identificarse en una imagen con una forma predefinida; por ejemplo, es posible encontrar los píxeles que forman un círculo mediante la transformación de Hough (Ballard, 1981)(Leavers, 1993). Finalmente, las regiones suelen identificarse si comparten la misma textura o una similar, mediante diversos métodos, como transformaciones wavelet (Lu et al., 1997), filtros multicanal (Farrokhnia & Jain, 1991) y recientemente filtros de Gabor (Wang et al., 2008)(Bitam & Ameer, 2013).

Sin embargo, si se requiere identificar objetos en movimiento, es necesario contar con, al menos, dos imágenes. Esto se debe a que se necesita saber si hubo algún cambio

en la intensidad de los píxeles entre las dos imágenes, lo que permite identificar un movimiento.

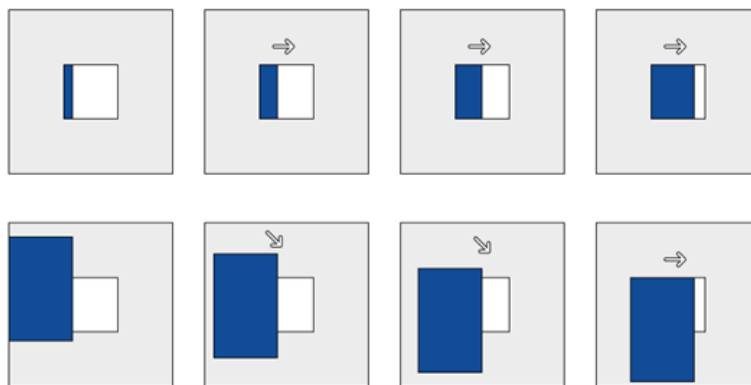
Flujo óptico

Para identificar objetos que se mueven de una escena a otra, se suele utilizar el flujo óptico. Horn y Schunck (1981) definen el flujo óptico como la relación de los cambios espaciotemporales en la intensidad de los píxeles entre dos imágenes; es decir, para encontrar la ubicación de los píxeles cuya intensidad cambió de una imagen a otra. Para calcular el flujo óptico, los métodos habituales pueden clasificarse en métodos densos, como el método de Horn y Shunk (1981), y dispersos, como el método de Lucas-Kanade (1981). Este último se basa únicamente en la información local de cada píxel, derivada de una pequeña ventana del píxel de interés; a diferencia del método de Horn y Shunk, que se basa en la información global de la imagen. A veces puede ser necesario no solo identificar objetos en movimiento, sino que, una vez identificado el objeto, puede ser importante comprender cómo este se mueve; es decir, se pueden obtener la dirección y la magnitud del movimiento.

Puntos de interés

El flujo óptico no se puede identificar en todos los píxeles de la imagen, ya que algunos no proporcionan información para su ubicación en la imagen siguiente (tiempo $t+1$). El flujo óptico normal resulta del problema de apertura, que surge cuando se tiene una abertura o ventana pequeña para medir el movimiento. Cuando se detecta movimiento con una abertura pequeña, a menudo solo se ve un borde, no una esquina. Sin embargo, un borde por sí solo no es suficiente para determinar con exactitud cómo (es decir, en qué dirección) se mueve todo el objeto (Bradski, 2008) como se observa en la figura 2, donde se muestra el problema que la apertura genera a través de una ventana de apertura (fila superior): se ve un borde que se mueve hacia la derecha, pero no es posible detectar la parte descendente del movimiento (fila inferior).

Figura 2 Problema de la apertura. Fuente: (Bradski, 2008)



Para evitar este problema, deben encontrar píxeles que sean muy diferentes de sus vecinos. Harris & Stephens (1988) los denominan esquinas. Las esquinas presentan cambios significativos de intensidad en direcciones ortogonales como característicos. Es posible utilizar las derivadas de segundo orden de las imágenes, tomadas en todos los puntos de la imagen; por ejemplo, la matriz Hessiana alrededor de un punto (p), que se define en dos dimensiones por las intensidades de la imagen.

Ecuación 1. Cálculo de la matriz Hessiana para cada pixel

$$H(p) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 I}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 I}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} \end{bmatrix}$$

Shi y Tomassi en (1994) definen los puntos como “Características útiles para el seguimiento” basándose en la definición de la matriz de Harris y tomando como criterio para determinar si son vértices el cálculo de los autovalores de dicha matriz. Dado que la matriz de autocorrelación es cuadrada y de orden 2, se obtienen dos eigenvalores. Al calcular los eigenvalores λ_1 y λ_2 , se obtiene uno de tres casos posibles.

Si $\lambda_1 \approx 0$ y $\lambda_2 \approx 0$, el píxel no contiene información relevante.

Si $\lambda_1 \approx 0$ y λ_2 tiene un valor positivo grande, se trata de una arista.

Si λ_1 y λ_2 son valores positivos grandes, el píxel es una esquina.

Si el valor propio mínimo supera un umbral α , la esquina tiene un valor fiable para su identificación.

Agrupación de vectores

El seguimiento de objetos implica la identificación y localización consistente de objetos en *frames* consecutivos de una secuencia de video. El objetivo es mantener la identidad de cada objeto a pesar de posibles cambios de apariencia, oclusiones o variaciones de movimiento.

Por esta razón, tras obtener los vectores de flujo óptico, se pueden agrupar por similitud. Para crear cada región que define cada objeto, es necesario agrupar los vectores de flujo óptico según tres criterios de un vector: proximidad, dirección y magnitud.

1. $P(x_1, y_1)$ y $Q(x_2, y_2)$ son los puntos donde comienzan los vectores A y B respectivamente (puntos de interés). A y B se consideran vectores cercanos si los puntos P y Q no difieren tanto en x y y de un umbral β , es decir:

$$\text{abs}(x_2 - x_1) < \beta$$

$$\text{abs}(y_2 - y_1) < \beta$$

2. A y B se consideran vectores con dirección similar si el ángulo entre ambos vectores no excede un umbral γ :

$$\angle(A, B) < \gamma$$

3. A y B se consideran vectores similares en términos de su magnitud, si la diferencia entre sus magnitudes no difiere de un umbral δ , es decir:

$$\text{abs}(\|A\|, \|B\|) < \delta$$

Segmentación de objetos en movimiento

Para cada grupo de vectores, se obtiene su cubierta convexa para abordar el problema de la discontinuidad de las regiones de flujo óptico y segmentar la región (Sánchez et al., 2014). Los puntos utilizados para generar la envoltura convexa de cada región son los puntos de partida de los vectores pertenecientes a la región. Es posible representar la condición para determinar si dos puntos pertenecen a la envoltura convexa del conjunto de puntos S. Dos puntos $P(x_1, y_1)$ y $Q(x_2, y_2)$ pertenecen al conjunto de la envoltura convexa C si y solo si todos los puntos $R(x_3, y_3)$ pertenecientes a S (excepto P y Q), al evaluarse en la ecuación de la recta que pasa por los puntos P y Q, están a un lado de la recta (el signo debe tener un único valor para cada punto R, ya sea positivo o negativo).

Finalmente, después de crear una cubierta convexa en cada frame es necesario encontrar un punto representativo de cada cubierta debido a que las formas pueden cambiar a través del tiempo. A decisión del diseñador puede optarse por obtener el promedio o la mediana de cada convexa como punto representativo a seguir en cada uno de los frames.

Módulo de modelado

Por otro lado, el modelado añade un nivel de abstracción al representar el movimiento, el comportamiento y la estructura de los objetos mediante modelos matemáticos o basados en datos. Juntos, el seguimiento y el modelado proporcionan a las máquinas una comprensión más profunda de su contexto visual, lo que les permite no solo detectar movimiento, sino también anticipar posiciones futuras, interpretar intenciones e interactuar adecuadamente con entornos dinámicos.

Este módulo recibe como entrada todos los puntos obtenidos en el módulo de segmentación para generar un modelo que permita pronosticar el siguiente punto o ubicación para que pueda seguirse a través del tiempo. De hecho los vectores de flujo óptico son muy útiles porque evalúan hacia dónde se ha movido el objeto a través del tiempo y a dónde debería continuar moviéndose si es que este no cambia de dirección de manera brusca.

Filtro de Kalman

El filtro de Kalman es un conjunto de ecuaciones matemáticas, descrito por primera vez en 1960, donde se presenta una solución recursiva al problema del filtrado lineal de datos discretos. Este método ha sido ampliamente investigado y aplicado en diversos campos, ya que proporciona un mecanismo computacional (recursivo) eficiente para estimar el estado de un proceso. El filtro es potente porque implica estimaciones de estados pasados, presentes e incluso futuros. El filtro de Kalman integra estos elementos mediante el uso del conocimiento del sistema y del dispositivo de medición, la descripción estadística de los ruidos del sistema y cualquier información disponible sobre las condiciones iniciales de las variables de interés (Maybeck, 9179).

Para comenzar, se debe recordar que la idea básica del filtro de Kalman es que, bajo un conjunto de supuestos, será posible, dado un historial de mediciones de un sistema, construir un modelo para el estado del sistema que maximice la probabilidad *a posteriori* de las mediciones previas.

Es posible maximizar la probabilidad *a posteriori* sin tener un largo historial de mediciones. En cambio, es posible actualizar iterativamente el modelo de estado de un sistema y mantener únicamente ese modelo para la siguiente iteración (Bradski, 2008). Estas iteraciones se forman principalmente mediante procesos de predicción, medición y actualización del estado.

Sin embargo, se debe precisar que el filtro de Kalman se basa en tres supuestos:

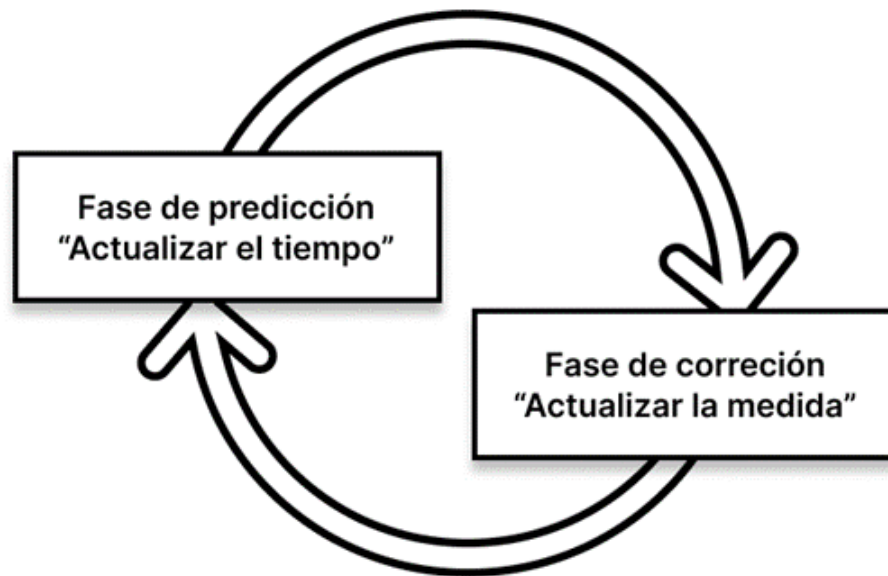
1. La evolución del espacio de estados es lineal.
2. Los errores o ruidos sujetos a las mediciones son “blancos”.
3. Este ruido también es gaussiano.

En otras palabras, el primer supuesto implica que el estado del sistema en el tiempo t puede modelarse como una matriz multiplicada por el estado en el tiempo $t - 1$. Esto es positivo porque los sistemas lineales son más fáciles de manipular y prácticos que los no lineales (Sánchez et al., 2018). Los supuestos adicionales de que el ruido es blanco y gaussiano implican que el ruido no está correlacionado a lo largo del tiempo y que su amplitud puede modelarse con precisión utilizando una media y una covarianza (es decir, el ruido se describe completamente por sus momentos primero y segundo) (Bradski, 2008).

Procedimiento de modelado-estimación

La figura 3 muestra un proceso iterativo del filtro de Kalman donde se muestra que el modelo se va ajustando con base en el tiempo y las nuevas medidas que se van tomando en el tiempo para hacer el ajuste y la corrección necesaria, como se describe a continuación.

Figura 3 Proceso iterativo del filtro de Kalman. Fuente: (Bradski, 2008)



En un instante t_1 , se determina la posición de un objeto p_1 . Sin embargo, debido a las imprecisiones inherentes del dispositivo de medición (como los cambios en la intensidad de la luz) el resultado de las mediciones es algo incierto. Por lo tanto, se determina que la precisión es tal que la desviación estándar involucrada es σ_1 (una sola variable). Por lo tanto, se puede establecer la probabilidad condicional, el valor en el instante t_1 , condicionado al valor observado de la medición σ_1 ; es decir, se tiene la probabilidad de que p tenga un valor, con base en la medición realizada. En este momento, se estima mejor $p_1 = p_1$ y la varianza $\sigma_{p1}^2 = \sigma_{p1}^2$.

Posteriormente, se realiza otra medición basada en cualquier opción de segmentación de objetos presentados en la sección anterior en el tiempo t_2 , obteniendo así p_2 con una varianza σ_{p2}^2 (que se supone menor que la primera). Para combinar estas mediciones y obtener una nueva con su propia variación (distribución gaussiana), se utilizan las ecuaciones 2 y 3, donde se observa que el nuevo valor es simplemente una combinación ponderada de las dos medias, y la ponderación se determina por las incertidumbres relativas de ambas mediciones (media condicional). El peso en estas ecuaciones se puede expresar como: si σ_{p1}^2 es mayor que σ_{p2}^2 (es decir, mayor variabilidad), entonces σ_{p2}^2 tendría mayor peso porque tiene menor variabilidad. Además, la incertidumbre en la estimación del nuevo p se ha reducido al combinar ambos datos (Maybeck, 9179).

Ahora que se sabe cómo obtener la siguiente medida, es posible continuar con este proceso N veces (N mediciones). Esto se debe a que se pueden combinar las dos

Ecuación 2. Estimación de la incertidumbre de la posición

$$p_{12} = \pi = \left(\frac{\sigma_{p_2}^2}{\sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2} \right) p_1 + \left(\frac{\sigma_{p_1}^2}{\sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2} \right) p_2$$

Ecuación 3. Estimación de la incertidumbre de la varianza

$$\sigma_{12}^2 = \frac{\sigma_{p_1}^2 \sigma_{p_2}^2}{\sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2}$$

primeras, luego la tercera con la combinación de las dos primeras, la cuarta con la combinación de las tres primeras, y así sucesivamente (Sánchez et al., 2018). Esto es lo que ocurre cuando se rastrea (o da seguimiento) una posición p a lo largo del tiempo: se obtiene una medida seguida de otra.

Generalmente, la ecuación 2 se reescribe como la ecuación 4 y la ecuación 3 como la ecuación 5, porque en estas nuevas formas es posible separar la información antigua de la nueva. La nueva información ($p_2 - p_1$) se denomina innovación.

Ecuación 4. Estimación de la nueva posición p

$$\widehat{p}_2 = p_1 + \frac{\sigma_{p_1}^2}{\sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2} (p_2 - p_1)$$

Ecuación 5. Cálculo de la varianza nueva

$$\widehat{\sigma}_2^2 = \left(1 - \frac{\sigma_{p_1}^2}{\sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2} \right) \sigma_{p_1}^2$$

Finalmente, la ecuación 6 muestra el factor de actualización iterativo óptimo, conocido como ganancia de actualización K ; así se obtiene la forma recursiva descrita en las ecuaciones 7 y 8. Para una explicación más detallada, se sugiere al lector consultar a Maybeck (1979).

Ecuación 6. Estimación de ganancia de actualización K

$$K = \frac{\sigma_{p_1}^2}{\sigma_{p_1}^2 + \sigma_{p_2}^2}$$

Ecuación 7. Estimación de la nueva posición p utilizando la constante K

$$\widehat{p}_2 = p_1 + K(p_2 - p_1)$$

Ecuación 8. Cálculo de la varianza nueva utilizando la constante K

$$\widehat{\sigma}_2^2 = (1 - K)\sigma_{p_1}^2$$

Resultados

A continuación se muestra un ejemplo de la metodología presentada. En la figura 4 se muestra un ejemplo de la identificación de vectores de flujo óptico por el método un poco denso de Lucas y Kanade. En la figura 4.(a) se muestra un ambiente donde un automóvil va en movimiento de izquierda a derecha y un peatón caminando en la misma dirección atrás del automóvil. Todo el paisaje es estático excepto esos dos objetos. Como se puede observar, el automóvil tiene mucha textura por lo que es más fácil identificar las esquinas o buenos puntos para seguir, y se muestran los vectores en la magnitud y dirección donde fue el movimiento de un tiempo t a un tiempo $t+1$. En la figura 4 (b) se extraen los vectores y se agrupan por el procedimiento mostrado en el módulo de segmentación donde el vector de la cabeza del peatón tiene diferente dirección y magnitud respecto del resto de los vectores que representan al automóvil.

Figura 4. Vectores resultantes de un movimiento a través de un proceso de flujo óptico



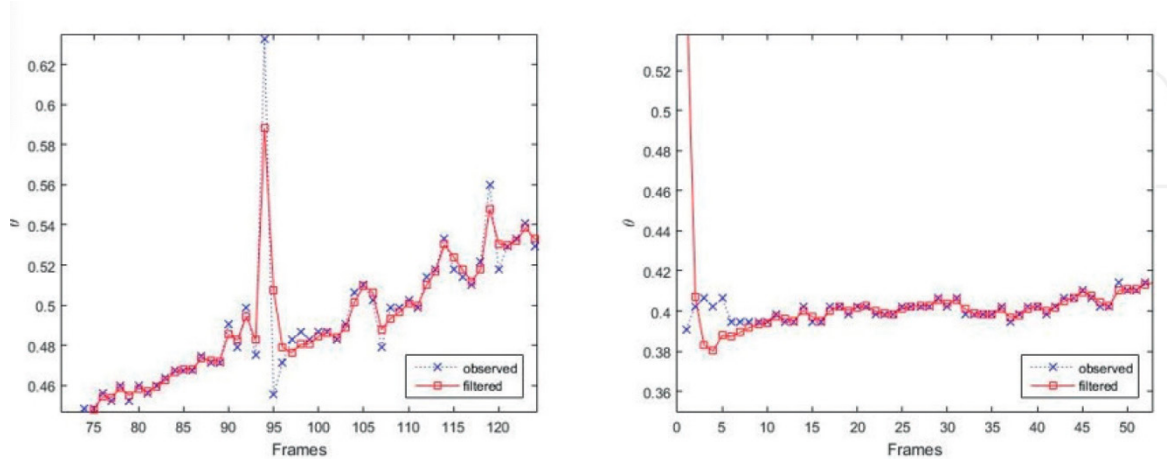
En la figura 5 se muestra un ejemplo de la generación de una cubierta convexa en un color rojo. Los puntos que delimitan a esta cubierta son los puntos donde se originó el movimiento. También se puede observar que dado que del peatón solo se obtuvo un vector de la cabeza, no se puede generar una cubierta convexa debido a que, por lo menos, se necesitan tres vectores.

Figura 5. Ejemplo de una cubierta convexa a partir de vectores de flujo óptico



Finalmente la figura 6 muestra un ejemplo del modelo de filtro de Kalman en el seguimiento del movimiento del objeto segmentado. En el primer gráfico se hace un acercamiento para identificar que si hay un dato atípico entonces el modelo tiene un error muy grande pero conforme pasa el tiempo se vuelve a ajustar acercándose a los datos azules que son las medidas observadas. En la segunda imagen se observa cómo al principio el error (es decir la diferencia entre lo observado y lo filtrado) es muy grande, pero a medida que pasa el tiempo la variabilidad y el error se va reduciendo.

Figura 6. Ejemplo de estimaciones y mediciones de filtro de Kalman



Discusión

Si bien en este trabajo se presentan algunas alternativas para los módulos de segmentación de objetos, modelado y predicción, se reconoce que las alternativas propuestas no son las únicas.

Para el caso del módulo de modelado segmentación, si bien comúnmente se hace por color, textura o forma hoy en día existen otros descriptores clásicos, tales como BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features), SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) o SURF (Speeded Up Robust Features). Además, descriptores más recientes como FREAK (Fast Retina Keypoint), SIFT, SURF o basados en aprendizaje profundo, tales como Deep Descriptors (CNN-based), NetVLAD, o DELF (Deep Local Features) que son más robustos, pero costosos computacionalmente. Sin embargo, estos descriptores que pueden identificar puntos clave en la imagen, deben contar con información a priori de los objetos que se planean seguir.

Para el módulo de modelado, además de usar el filtro de Kalman es posible utilizar otras alternativas de modelado como una regresión lineal simple o cuadrática que permita ajustarse al tipo de movimiento en cuestión. Además diferentes tipos de modelado basado en identificación de sistemas (Sánchez et al., 2018) puede utilizarse como un enfoque particular de un sistema variante en el tiempo.

Conclusiones

En este capítulo se presenta una propuesta metodológica que demuestra ser una solución robusta y flexible para el seguimiento y modelado de objetos en movimiento en entornos visuales dinámicos. A través del uso de técnicas como segmentación por color, forma o textura, es posible extraer objetos relevantes de una escena. El análisis de flujo óptico complementa este proceso, permitiendo detectar cambios de posición entre imágenes consecutivas y superar limitaciones comunes como el problema de la apertura mediante la detección de esquinas. La agrupación de vectores y la construcción de cubiertas convexas permiten representar objetos completos, incluso cuando su forma cambia con el tiempo.

La incorporación del filtro de Kalman permite predecir de forma eficiente la trayectoria futura de los objetos, integrando mediciones sucesivas y reduciendo el impacto de posibles errores o ruidos. Esta metodología es especialmente útil en contextos donde se requiere tomar decisiones en tiempo real, como la detección de comportamientos anómalos en videovigilancia o el seguimiento preciso en sistemas autónomos. Además, su estructura modular permite ajustarse a distintos escenarios, optimizando su desempeño según las características específicas del entorno. En conjunto, este enfoque mejora significativamente la capacidad de comprensión visual de las máquinas y su interacción con el mundo real.

Trabajo futuro

El trabajo futuro de este capítulo se presenta en la forma de experimentar con diferentes alternativas para conocer cuál se ajusta mejor a las características de las escenas. Por ejemplo, si la escena varía mucho de iluminación, entonces una segmentación por color no es viable, pero una segmentación basada en descriptores puede ser muy útil.

Además, cualquier mecanismo de modelado que se escoja seguramente tienen parámetros que pueden hacer más preciso el modelo, aunque se puede caer en sobreajuste. Una exploración para cualquier modelo es la optimización de sus hiperparámetros que puede ser realizada con alguna metaheurística bioinspirada o no-bioinspirada, que permitan seleccionar los mejores valores de los parámetros de cada modelo.

Bibliografía

- Ballard, D. H. (1981). Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. *Pattern recognition*, 13(2), 111-122.
- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. " O'Reilly Media, Inc."
- Bitam, A., & Ameer, S. (2013, October). Multispectral image segmentation using Gabor filtering and local homogeneity analysis with application to MSG. In *3rd International Conference on Systems and Control* (pp. 838-843). IEEE.
- Farrokhnia, F., & Jain, A. K. (1991, January). A multi-channel filtering approach to texture segmentation. In *Proceedings. 1991 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 364-365). IEEE Computer Society.
- Fleyeh, H. (2004, December). Color detection and segmentation for road and traffic signs. In *IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, 2004*. (Vol. 2, pp. 809-814). IEEE.
- Fuh, C. S., Cho, S. W., & Essig, K. (2000). Hierarchical color image region segmentation for content-based image retrieval system. *IEEE transactions on image processing*, 9(1), 156-162.
- Garcia-Ugarriza, L., Saber, E., Amuso, V., Shaw, M., & Bhaskar, R. (2008, March). Automatic color image segmentation by dynamic region growth and multimodal merging of color and texture information. In *2008 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing* (pp. 961-964). IEEE.
- Garje, P. D., Nagmode, M. S., & Davakhar, K. C. (2018, February). Optical flow based violence detection in video surveillance. In *2018 international conference on advances in communication and computing technology (ICACCT)* (pp. 208-212). IEEE.
- Harris, C., & Stephens, M. (1988, August). A combined corner and edge detector. In *Alvey vision conference* (Vol. 15, No. 50, pp. 10-5244).
- Horn, B. K., & Schunck, B. G. (1981). Determining optical flow. *Artificial intelligence*, 17(1-3), 185-203.
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems.
- Littmann, E., & Ritter, H. (1997). Adaptive color segmentation-a comparison of neural and statistical methods. *IEEE Transactions on neural networks*, 8(1), 175-185.
- Parthasarathy, P., & Vivekanandan, S. (2019, March). Detection of suspicious human activity based on CNN-DBNN algorithm for video surveillance applications. In *2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)* (Vol. 1, pp. 1-7). IEEE.
- Leavers, V. F. (1993). Which hough transform?. *CVGIP: Image understanding*, 58(2), 250-264.
- Liu, C., Ying, J., Han, F., & Ruan, M. (2018, July). Abnormal human activity recognition using bayes classifier and convolutional neural network. In *2018 IEEE 3rd international conference on signal and image processing (ICSIP)* (pp. 33-37).

IEEE.

- Lu, C. S., Chung, P. C., & Chen, C. F. (1997). Unsupervised texture segmentation via wavelet transform. *Pattern recognition*, 30(5), 729-742.
- Lucas, B. D., & Kanade, T. (1981, August). An iterative image registration technique with an application to stereo vision. In *IJCAI'81: 7th international joint conference on Artificial intelligence* (Vol. 2, pp. 674-679).
- Maybeck P. Introduction. In: *Stochastic Models, Estimation and Control*. 1st ed. London: Academic Press; 1979. p. 1-16
- Sanchez-Garcia, A. J., Rios-Figueroa, H. V., Marin-Hernandez, A., & Acosta-Mesa, H. G. (2014, February). Tracking and prediction of motion of segmented regions using the Kalman filter. In *2014 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)* (pp. 88-93). IEEE.
- Sánchez, A., Ríos, H., Quintana, G., & Marín, A. (2018). Predicting Collisions in Mobile Robot Navigation by Kalman Filter. *Kalman Filters: Theory for Advanced Applications*, 151.
- Sanchez-Garcia, A. J., Rios-Figueroa, H. V., Garnier, H., Quintana-Carapia, G., Rechy-Ramirez, E. J., & Marin-Hernandez, A. (2018). Predicting collisions: time-to-contact forecasting based on probabilistic segmentation and system identification. *Advanced Robotics*, 32(8), 426-442.
- Sarcar, S. T., & Yousuf, M. A. (2021, December). Detecting violent arm movements using cnn-lstm. In *2021 5th International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT)* (pp. 1-6). IEEE.
- Shi, J., & Tomasi, C. (1994). Good features to track. *9th IEEE conference on computer vision and pattern recognition*.
- Singh, K., Preethi, K. Y., Sai, K. V., & Modi, C. N. (2018, December). Designing an efficient framework for violence detection in sensitive areas using computer vision and machine learning techniques. In *2018 Tenth International Conference on Advanced Computing (ICoAC)* (pp. 74-79). IEEE.
- Wang, M., Han, G., Tu, Y., Chen, G., & Gao, Y. (2008, December). Unsupervised texture Image segmentation based on Gabor wavelet and multi-PCNN. In *2008 Second International Symposium on Intelligent Information Technology Application* (Vol. 2, pp. 376-381). IEEE.
- Wu, Y., Liu, Q., & Huang, T. S. (2000, January). An adaptive self-organizing color segmentation algorithm with application to robust real-time human hand localization. In *Proceedings of Asian Conference on Computer Vision* (pp. 1106-1111).

Attack and defense techniques for adversarial machine learning

Técnicas de ataque y defensa para el aprendizaje automático antagónico

Héctor Xavier Limón Riaño¹ y Luis Fernando Rodríguez Hernández²

Resumen: El panorama de la ciberseguridad ha evolucionado rápidamente, presentando riesgos para todos los sistemas informáticos. La inteligencia artificial, en particular el aprendizaje automático, ha surgido para mejorar la seguridad preservando la privacidad de los datos, detectando anomalías y malware, generando confianza y abordando los desafíos de la ciberseguridad. Sin embargo, los adversarios pueden explotar estas técnicas, lo que ha dado lugar al desarrollo del aprendizaje automático adversarial. Nuestro artículo analiza el estado actual del aprendizaje automático adversarial mediante una revisión de 68 estudios realizados entre 2016 y 2023, describiendo las técnicas de ataque y defensa, los desafíos y las consideraciones. Este estudio busca apoyar a los investigadores en la mejora de las medidas de seguridad basadas en IA y el fomento de avances en este campo para lograr soluciones más robustas.

Palabras clave: machine learning, systematic literature review, adversarial machine learning, cybersecurity

Abstract: The cybersecurity landscape has rapidly evolved, posing risks to all computer systems. Artificial Intelligence, particularly Machine Learning, has emerged to enhance security by preserving data privacy, detecting anomalies and malware, establishing trust, and tackling cybersecurity challenges. However, adversaries can exploit these techniques, leading to the development of Adversarial Machine Learning. Our paper analyzes the current state of Adversarial Machine Learning through a review of 68 studies from 2016 to 2023, outlining attack and defense techniques, challenges, and considerations. This study aims to support researchers in enhancing AI-based security measures and fostering advancements in the field for more robust solutions.

Keywords: machine learning, systematic literature review, adversarial machine learning, cybersecurity

¹ Doctor en Inteligencia Artificial. Universidad Veracruzana. hlimon@uv.mx

² Licenciado en Redes y Servicios de Cómputo. Universidad Veracruzana. fernandocontacto236@gmail.com

Introduction

In the age of cloud computing, security challenges like data privacy and system vulnerabilities are critical concerns (Aljumah & Ahanger, 2020). Artificial Intelligence, especially Machine Learning (ML), offers promising solutions for boosting security by detecting threats and analyzing anomalies (Badiger & Shyam, 2023). Despite advancements in ML security techniques for cloud computing, adversaries constantly evolve tactics to exploit these safeguards. The emerging field of Adversarial Machine Learning (AML) focuses on studying such threats and defenses against them. Major tech companies are investing in safeguarding ML systems against AML threats. AML traces back to the early 2000s when statistical (Frederickson, Moore, Dawson, & Polikar, 2018). classifiers identified spam. This paper aims to explore AML vulnerabilities, attack techniques, mitigation strategies, and evaluation metrics through a systematic literature review and thematic synthesis. The study provides a foundational understanding of AML for securing ML-based systems, discussing methods, results, challenges, and future research.

Research method

To examine AML challenges and considerations from attack and defense angles, we conducted a systematic literature review following the methodology outlined by Kitchenham et al. (2015), originally designed for Software Engineering but adaptable across computer science domains. We supplemented this approach with additional methods, including search, selection, snowballing, data extraction, and synthesis processes.

Search process

To conduct the literature review, we started by defining the following research questions:
RQ1. What are the prevailing attack techniques in AML?
RQ2. What are the methods and strategies to mitigate threats in AML?
RQ3. What are the key considerations and challenges involved in implementing AML?

To gather primary studies, our primary approach was automatic search using tailored search strings. We refined these strings by applying a Quasi-Gold standard method (H. Zhang, Babar, & Tell, 2011) and manually selecting studies that addressed our research questions to assess search performance. The final search string selected was:

- ("adversarial machine learning" OR "model poisoning") AND
- ("challenges" OR "opportunities" OR "issues" OR "problems") AND
- ("security" OR "security violation" OR "attack" OR "exploit" OR
- "filtration" OR "exfiltration" OR "defending" OR "mitigation")

Selection process

In order to select primary studies, we established specific criteria to include or exclude studies. To ensure the inclusion of up-to-date and relevant research, our study encompasses literature from 2016 onwards. By focusing on recent studies, we aim to capture the state-of-the-art advancements in the field. The inclusion criteria are as follows:

- IC-1: The study is in English
- IC-2: The year of the study is between 2016 and 2023
- IC-3: The title and abstract suggest that the study answers at least one research question
- IC-4: The full text of the study answers at least one research question

On the other hand, we established the exclusion criteria as follows:

- EC-1: The study is a presentation, book chapter, or opinion
- EC-2: The study is a duplicate from another database
- EC-3: If a study has been updated, we keep the most recent version

The selection process comprised three stages:

- Stage 1: We applied IC-1, IC-2, and EC-1 filters.
- Stage 2: We analyzed the titles and abstracts of the studies and applied the IC-3, and EC-2 filters.
- Stage 3: We read and analyzed the full text of the articles and applied the IC-4, and EC-3 filters.

Snowballing search process

After obtaining primary studies through automatic search, we expanded our collection via a snowballing process following Wohlin's guidelines (2014). This involved manual searches through references (backward snowballing) and citations (forward snowballing), with one iteration of backward snowballing. Each candidate identified underwent our selection process outlined in the previous section. The final selection yielded 68 primary studies.

Data extraction process

The data extraction process involves extracting pertinent information from each primary study that we selected. To facilitate this task, we employed an extraction template, which includes details such as study ID, title, source URL, authors, year, database source, keywords, references, and for each research question, the study's corresponding answer.

Synthesis process

To effectively organize the extracted information, we employed a thematic synthesis process, as outlined by (Cruzes & Dyba, 2011). This method facilitated the identification, analysis, and reporting of patterns, or themes, within the collected data from the studies. The steps followed in this process are depicted in Figure 1. The outcome of this process is a thematic map that highlights the most significant topics in the literature concerning our research questions. Our thematic map is depicted in Figure 2.

Figure 1. Thematic synthesis process followed, adapted from (Cruzes & Dyba, 2011)

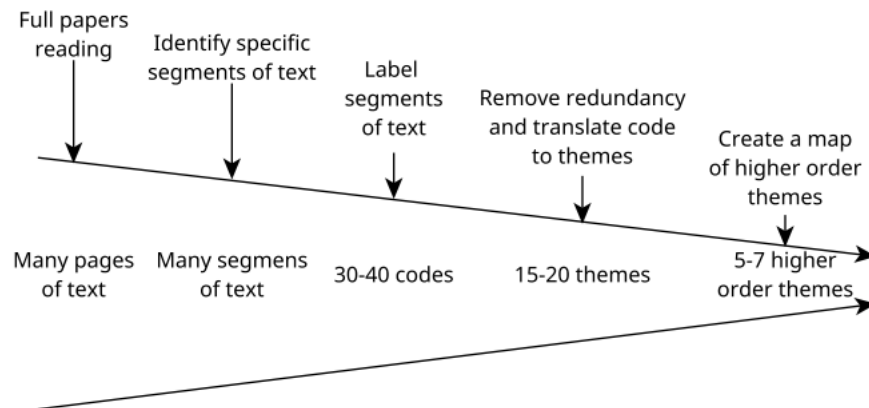
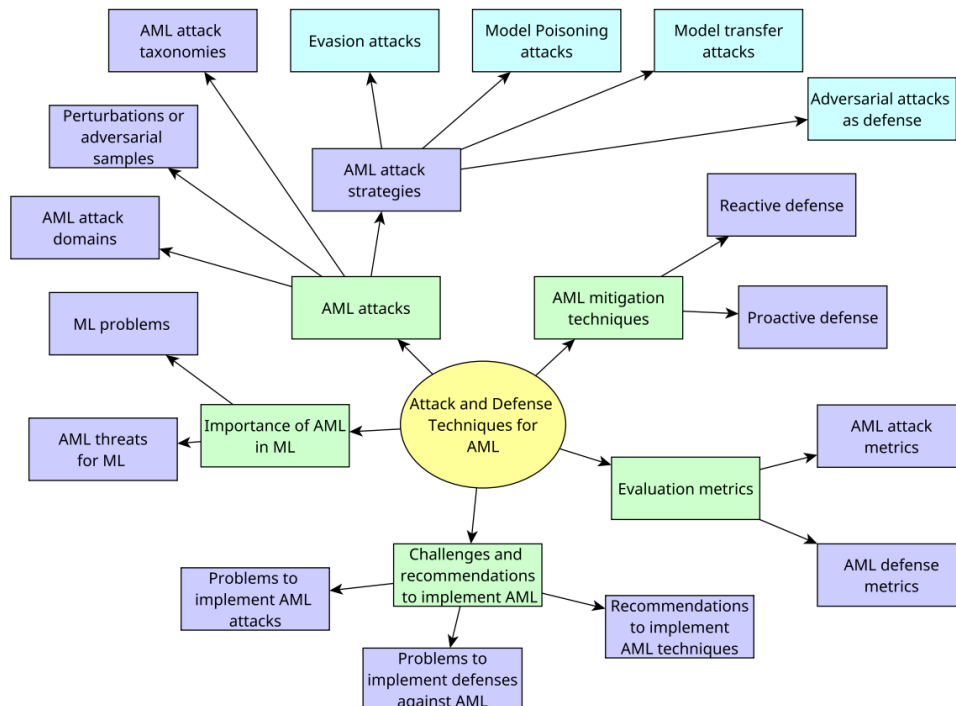


Figure 2. Thematic map. Different colors indicate topic level



Results

In this section, we present the results obtained from our systematic literature review. We begin by discussing the study demographics, including the number of studies found per year and the distribution of studies across different research questions. Following this, we will delve into the complete findings, which are based on the thematic map shown in Figure 2.

Study demographics

Figure 3 depicts an upward trend in studies pertaining to AML, particularly observing a significant surge since 2020. This trend illustrates the growing interest and recognition of AML's significance in data security, emphasizing its relevance and applicability across different domains. In Figure 4, we present the distribution of studies that address each of the research questions discussed in section 3.1. The results indicate a distinct inclination towards research focusing on AML attacks, whereas there is comparatively less emphasis on mitigation techniques for AML threats. Additionally, the challenges and considerations in implementing AML remains largely unexplored.

Figure 3. Primary studies per year

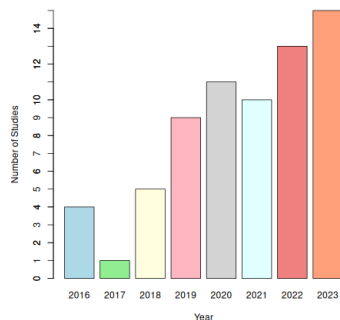
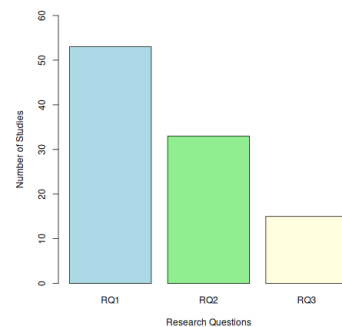


Figure 4. Number of studies by research question



ML problems

ML, widely used in various fields, faces security threats from malicious actors aiming to compromise model integrity. Attackers exploit vulnerabilities in ML systems for information theft, sabotage, or financial gains. Securing ML models remains challenging as attackers and defenders adapt their methods. With the growing use of ML, users and professionals must prioritize system protection (Mehta et al., 2022; Wilhjelmsen & Younis, 2020; Anthi et al., 2021; U. Verma et al., 2022; Usama et al., 2020).

AML threats for ML

AML poses a serious threat to ML applications by targeting model adaptability, security, and reliability. Adversarial perturbations, a common AML tactic, introduce minimal

changes to input data to mislead models and yield incorrect outputs, compromising performance and user trust. Understanding and mitigating such attacks are crucial for developing secure and reliable intelligent systems across applications (Ayub et al., 2020; Lagesse et al., 2016; Tang et al., 2019; Usama et al., 2019; Khalid et al., 2019; Guesmi et al., 2022).

AML Attacks

AML attacks vary, with tactics like input manipulation and loss function alteration compromising model performance. The challenge lies in distinguishing normal from malicious data, making attacks persistent and demanding evolving mitigation strategies. Understanding these threats is vital for proactive defense, leading to cost savings and improved system security (Lin & Biggio, 2021; Guihai & Sikdar, 2021; Mehta et al., 2022; Hao & Tao, 2022).

AML attacks on image processing

AML research has primarily focused on computer vision, particularly image processing and neural networks, with applications in biometrics, watermarking, and anomaly detection. Adversarial attacks aim to deceive models, especially in image classification where Deep Learning is highly effective but susceptible to misclassification due to adversarial examples. These attacks involve subtle image manipulations or introducing imperceptible noise to generate misleading outcomes. Noteworthy examples include deceiving watermark detectors with substitute models and using adversarial patches for 3D images. Researchers continuously explore new attack methods, such as real-time adversarial perturbation frameworks for object detection in autonomous vehicles or sophisticated techniques altering visual perception in camera-based object recognition systems. Understanding and defending against such attacks are essential for enhancing the security and reliability of computer vision systems (Hao & Tao, 2022; G. Zhang & Sikdar, 2022; Shinde & Shah, 2018; Khalid et al., 2019; Seo, Park, & Kang, 2022; Quiring & Rieck, 2018; Drenkow, Lennon, Wang, & Burlina, 2023; Yoon, Jafarnejadsani, & Voulgaris, 2023; Man, Li, & Gerdes, 2023).

AML attacks on natural language processing

Adversarial attacks in Natural Language Processing (NLP) pose distinct challenges in comparison to image processing. (Marulli et al., 2021) highlight that attacks developed for image systems are ineffective when applied to the vector representations commonly used in NLP. (Edwards & Rawat, 2020) note that adversarial examples in NLP can impact model performance by modifying semantics, spelling, or even entire phrases, although these alterations are often noticeable. For instance, (Cresci, Petrocchi, Spognardi, & Tognazzi, 2022) describe attacks on fake news detection systems, such as "TextBugger", which manipulate the content of news articles to deceive classifiers.

These attacks target the title, content, or source of the article to reverse the classifier's outcome.

AML attacks on Wireless Networks

The wireless domain faces emerging security challenges with the rise of ML applications. Research points to the lack of focus on AML attacks in network traffic classification due to the difficulty of altering data packets without changing their content. Examples include a Backdoor poisoning attack affecting ML model behavior in wireless networks and vulnerabilities of ML-based modulation models and Deep Learning techniques in autonomous cognitive networks and TOR traffic classification systems, respectively. Solutions like the "Fast Gradient Sign Method" (FGSM) enhance security by generating adversarial samples. Attacks on NextG networks leverage AML to disrupt resource allocation, countered by defenses such as Q-Protect, RandomOpt, RandomTop, and MisNACK to safeguard against AML threats (Shi, Zeng, & Nguyen, 2019; Davaslioglu & Sagduyu, 2019; Usama, Asim, et al., 2019; Usama, Qayyum, Qadir, & Al-Fuqaha, 2019; E. Catak, Catak, & Moldsvor, 2021; Shi, Sagduyu, Erpek, & Gursoy, 2023).

AML attack on cybersecurity defenses

AML attacks pose unique challenges in cybersecurity, especially in computer security where complex and evolving ML systems are more susceptible to breaches. Limited research exists in this area, with examples including DNS server poisoning, attacks on Intrusion Detection Systems (IDS), malware evasion strategies, SPAM detection system vulnerabilities, and phishing website detection challenges. Researchers emphasize defense techniques like adversarial training and the need for robust security mechanisms in combating such attacks (Shi et al., 2019; Yeboah-Ofori et al., 2021; Jin, Tomoishi, & Matsuura, 2019; Anthi et al., 2021; Ayub et al., 2020; Chen, Ye, & Bourlai, 2017; Yuan, Apruzzese, & Conti, 2023).

AML attacks on Quantum ML

Classification models based on Quantum ML provide efficiency in handling large volumes of data, though they face security challenges akin to traditional models. (Edwards & Rawat, 2020) warn about the negative impact that adversarial examples can have on quantum ML models, emphasizing the possibility of attacks like the Fast Gradient Sign Method (FGSM) and the risk of transfer attacks, although the latter has not been extensively explored yet.

AML attacks on audio processing

In this domain, adversarial examples have received less exploration but can produce a significant impact on model performance. (Lin & Biggio, 2021) present a case

of targeted evasion adversarial attack in audio, specifically aimed at the Mozilla DeepSpeech speech-to-text recognition system. The inclusion of barely perceptible noises compromised the accuracy of the model, showing the vulnerability within this specific context.

Perturbations or adversarial examples

Perturbations play a critical role in AML by injecting malicious data to deceive ML classifiers, leading to incorrect predictions. These imperceptible manipulations pose a significant security challenge, especially for Deep Learning systems. Research pioneers highlighted vulnerabilities in neural networks to such perturbations, impacting ML system accuracy. Perturbations are crafted to maximize prediction errors and their transferability between models is noteworthy. Techniques like the Fast Gradient Sign Method (FGSM) are used for optimal perturbation generation. Perturbations also aid in obfuscating ML models for security. Recent attack strategies include Cloak & Co-locate, involving co-locating attacker VMs with victims in the cloud, and manipulating fraud detection systems through perturbations in training datasets to deceive models and enable fraudulent activities (Guihai & Sikdar, 2021; McDaniel, Papernot, & Celik, 2016; Ntalampiras, 2023; Szegedy et al., 2013; Cresci et al., 2022; Khalid et al., 2019; Lin & Biggio, 2021; Davaslioglu & Sagduyu, 2019; G. Verma et al., 2018; Nazari et al., 2023; Paladini et al., 2023).

AML attack taxonomies

We identified various approaches for classifying AML attack techniques, including NIST Taxonomy, Barreño's Proposal, Papernot's Categorization, Khalid et al.'s Taxonomy, and Olney and Karam's Classification. Different ways to categorize AML attacks include considering the type of security violation such as reliability, integrity, and availability attacks. Attacks can also be categorized based on specificity (targeted, indiscriminate, combined attacks), learning phase (testing, training phase attacks), and adversary's knowledge (white-box, black-box, and gray-box attacks) (Tabassi et al., 2019; Barreno et al., 2006; Papernot et al., 2016; Khalid et al., 2019; Olney & Karam, 2022; Ma et al., 2020; Anthi et al., 2021; Mehta et al., 2022; Liu et al., 2020; Khalid et al., 2020; U. Verma et al., 2022; Ayub et al., 2020).

AML attack strategies

Evasion attacks are a critical focus in AML that manipulate data during the testing phase to avoid detection without impacting the training process. These attacks involve introducing noise to test data to create adversarial perturbations, evading detection and potentially leading to misclassifications. Various methods, such as the Fast Gradient Sign Method (FGSM), DeepFool, L-BFGS, C&W attack, EnvAttack, JSMA, Mutual Information, and SIFA, are employed to generate optimal perturbations, evade detection

systems, and impact machine learning models in different scenarios. Notable examples include using JSMA in malware classification systems and FGSM in targeted and untargeted attacks. These evasion attacks pose a significant threat due to their ability to induce misclassifications without the need to modify the model's structure, ultimately compromising system security and accuracy (Anthi et al., 2021; E. Catak et al., 2021; Chen et al., 2017; Ebrahimabadi et al., 2021; Khalid et al., 2019; Ma et al., 2020; Olney & Karam, 2022; Venkatesan et al., 2021).

Model poisoning attacks, such as causal attacks, aim to introduce noise and modify labels during model training to degrade performance across various algorithms like SVM and Deep Learning (Baracaldo et al., 2018; Chiba et al., 2020; Davaslioglu & Sagduyu, 2019; Lin & Biggio, 2021; Ma et al., 2020; Marulli et al., 2021; Olney & Karam, 2022; Tian et al., 2022; Venkatesan et al., 2021; U. Verma et al., 2022). Backdoor attacks and Neural Trojans are integral to such poisoning tactics, posing significant security risks and manipulating models during both training and testing phases (Baracaldo et al., 2018; Davaslioglu & Sagduyu, 2019; Lin & Biggio, 2021; Marulli et al., 2021; Olney & Karam, 2022). Transfer attacks leverage the transferability of adversarial perturbations across models, emphasizing the need for robust defenses against these insidious threats (Lin & Biggio, 2021; Olney & Karam, 2022; Usama et al., 2020; U. Verma et al., 2022; Papernot et al., 2016; Edwards & Rawat, 2020; Quiring & Rieck, 2018; G. Zhang & Sikdar, 2022).

Adversarial perturbations not only pose a threat to ML models but can also be used to enhance their robustness (Cresci et al., 2022). Researchers have identified AML attacks as potential defensive techniques (Ebrahimabadi et al., 2021). For example, (Yilmaz & Siraj, 2021) present AMLODA, a model that seeks to hide patterns of electricity consumption through minimal and imperceptible data perturbations. (Ebrahimabadi et al., 2021) provide another example where poisoning Challenge-Response transmissions between IoT devices and a server is suggested as a means to prevent replay or spoofing attacks. (G. Verma et al., 2018) propose a method for a defender to achieve their obfuscation objectives using the L-BFGS attack, generating perturbations that make a sample virtually indistinguishable from the original in terms of packet size.

AML mitigation techniques

To defend ML models against adversarial attacks, strategies like gradient masking, robust optimization, and adversarial detection are crucial (Ma et al., 2020; U. Verma et al., 2022). Detection and prevention defenses, reactive defenses, and proactive defenses are implemented to mitigate the impact of AML attacks (Jin et al., 2019; Usama et al., 2020). Techniques like Hiding the Probability Vector and data obfuscation are effective in countering black-box attacks and concealing network patterns for enhanced security (Khalid et al., 2020; G. Verma et al., 2018). Threat analysis plays a pivotal

role in understanding threats and implementing appropriate security measures (Lin & Biggio, 2021).

To defend against adversarial attacks, proactive strategies in AML like distillation, adversarial training, feature extraction, and incorporating valid samples into datasets are crucial (Lin & Biggio, 2021; Usama et al., 2020; Ma et al., 2020). Adversarial training, introduced by Goodfellow et al. (2014) and enhanced by Huang et al. (2015), enhances model robustness against perturbations and is effective across various applications (Anthi et al., 2021; Liu et al., 2020; Tian et al., 2021; Yilmaz, Siraj, & Ulybyshev, 2020; U. Verma et al., 2022; E. Catak et al., 2021; Tang et al., 2019). Defensive distillation counters adversarial perturbations in neural networks, offering advantages such as reduced network size and computational costs (Papernot et al., 2015; U. Verma et al., 2022; F. O. Catak et al., 2022). Data filtering by Baracaldo et al. (2018) segregates malicious data, while detection methods aim to identify adversarial perturbations in training data, highlighting the importance of robust defenses in ML systems (W. Li et al., 2022; Anthi et al., 2021). Other techniques such as feature compression, noise reduction, depolarization, ROSA, Dual Model Divergence, and Hierarchical Clustering further enhance model security and resilience against attacks (Edwards & Rawat, 2020; Zhao, Yue, & Wang, 2023; Aboutaleb, Shafiee, Tai, & Wong, 2023; McCarthy, Ghadafi, Andriotis, & Legg, 2023).

Traditional security techniques against AML

There are traditional techniques that can enhance the robustness and resistance to attacks in ML systems, even though they were not explicitly designed to counter AML. These techniques provide an additional layer of defense against AML attacks. However, it is crucial to recognize that in practical scenarios, these techniques may be inadequate (U. Verma et al., 2022). One strategy within this category is the analysis of training data, where potentially malicious data is identified by examining its origin and associated metadata (Baracaldo et al., 2018). Another strategy is the refinement of the training process, which aims to smoothen the decision boundaries of the model or estimate the probability of an input being an adversarial sample based on its characteristics (McDaniel et al., 2016). Moreover, in their work, (G. Verma et al., 2018) discuss the use of encryption as a means to eliminate identifiable data in a network traffic classifier while retaining recognizable features such as packet size and arrival intervals.

AML attack metrics

We identified various attack metrics such as Perturbation Success Rate, ASR Success Rate, Classification Confidence, Recall, Precision, Specificity, MSE, Perturbation Norm D, SSIM, CC, F1 Score, Accuracy, False Detection Probability, False Alarm Probability, Decision Boundary Distance, Minimum Cost for a Successful Attack, Inference Stability, and Misclassification Rate. These metrics play a crucial role in evaluating the success

and impact of different adversarial attacks on machine learning models (Liu et al., 2020; G. Zhang & Sikdar, 2022; Ntalampiras, 2023; Guihai & Sikdar, 2021; Usama et al., 2019; Marulli et al., 2021; F. O. Catak et al., 2022; Khalid et al., 2020; Yilmaz & Siraj, 2021; Shi et al., 2019; Ma et al., 2020).

AML defense metrics

We identified False Positive Rate (FPR) and False Negative Rate (FNR) (Yilmaz & Siraj, 2021): Evaluate AMLODA model performance by measuring incorrect classifications. Model Resilience (McDaniel et al., 2016): Measures the model's ability to withstand input perturbations. Robustness (W. Li et al., 2022): Compares the classifier's robustness under different parameters. Root Mean Square Error (RMSE) (Tang et al., 2019): Assesses the quality of adversarial training in Neural Networks by calculating prediction errors.

Challenges and recommendations to implement AML

The practical implementation of AML faces challenges due to lack of actionable research, evolving adversarial strategies, and discrepancies in security expectations. Limited interaction between statistical and ML communities complicates the process. Overcoming these hurdles requires a deep analysis of security relations, which is complex for organizations (Kumar et al., 2020; W. Li et al., 2022; Yeboah-Ofori et al., 2021; Zizzo et al., 2019). Implementing AML attacks is hindered by attackers' varying knowledge levels, particularly in black-box attacks, where understanding the model is challenging (Ma et al., 2020; Khalid et al., 2020). The intricacies of ML implementations demand time and expertise, limiting exploration across various practical domains, like autonomous networks (Usama et al., 2020). Restricted access to model information impedes security research involving ML models (Wilhjelm & Younis, 2020). Adversarial perturbations in attacks must remain feasible to avoid irreversibly corrupting samples (Venkatesan et al., 2021).

Existing literature on defense strategies against AML often lacks adequate mitigation measures despite growing awareness of the issue (Anthi et al., 2021). Addressing this challenge is an ongoing battle as attackers constantly create new ways to bypass defenses, perpetuating a cycle (Usama et al., 2020). Implementing effective solutions is complex and requires deep understanding of security measures and model operations (Anthi et al., 2021). For example, excessive use of samples in Adversarial Training can impact model accuracy, aligning classifications with adversarial patterns (X. Li et al., 2020; Simion, Gavrilut, & Luchian, 2019). Despite the hurdles, developing impactful defenses is feasible as attackers face limitations in targeting models, and the field has seen significant advancements (Usama et al., 2020).

Conclusions and future work

ML systems' significance, especially in cloud computing, has led to increased vulnerability to advanced threats that traditional mitigation techniques may not address adequately. AML is now crucial in cybersecurity, safeguarding ML systems at scale in cloud infrastructures. AML attacks can severely affect ML systems, evolving rapidly to include subtle data manipulation and nearly undetectable perturbations.

While AML research offers mitigation measures, defense strategies are limited compared to attack techniques, indicating a need for more attention to developing innovative defenses. Common defense strategies like Adversarial Training are prevalent, highlighting the necessity for both proven and innovative defense approaches to combat evolving AML threats.

Future plans involve a more extensive study on AML, exploring industry standards and grey literature like arXiv to gain insights into variations between academic and industry AML approaches.

Bibliografía

- Aboutalebi, H., Shafiee, M. J., Tai, C.-e. A., & Wong, A. (2023). Knowing is half the battle: Enhancing clean data accuracy of adversarial robust deep neural networks via dual-model bounded divergence gating. *IEEE Access*, 1–1. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3347498>
- Aljumah, A., & Ahanger, T. A. (2020). Cyber security threats, challenges and defence mechanisms in cloud computing. *IET Communications*, 14(7), 1185-1191. <http://dx.doi.org/10.1049/iet-com.2019.0040>
- Anthi, E., Williams, L., Rhode, M., Burnap, P., & Wedgbury, A. (2021). Adversarial attacks on machine learning cybersecurity defences in industrial control systems. *Journal of Information Security and Applications*, 58(nil), 102717. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jisa.2020.102717>
- Ayub, M. A., Johnson, W. A., Talbert, D. A., & Siraj, A. (2020, March). Model evasion attack on intrusion detection systems using adversarial machine learning. In 2020 54th annual conference on information sciences and systems (ciss). IEEE.<http://dx.doi.org/10.1109/CISS48834.2020.1570617116>
- Badiger, V. S., & Shyam, D. K. (2023, 1). A survey on cloud security threats using deep learning algorithms. In 2023 international conference on intelligent and innovative technologies in computing, electrical and electronics (iitcee) (p. 696-701). <http://dx.doi.org/10.1109/IITCEE57236.2023.10090981>
- Baracaldo, N., Chen, B., Ludwig, H., Safavi, A., & Zhang, R. (2018, July). Detecting poisoning attacks on machine learning in iot environments. In 2018 ieee international congress on internet of things (iciot). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ICIOT.2018.00015>
- Barreno, M., Nelson, B., Sears, R., Joseph, A. D., & Tygar, J. D. (2006, 3). Can machine learning be secure? In Proceedings of the 2006 acm symposium on information, computer and communications security (p. nil). <http://dx.doi.org/10.1145/1128817.1128824>
- Catak, E., Catak, F. O., & Moldsvor, A. (2021, May). Adversarial machine learning security problems for 6g: mmwave beam prediction use-case. In 2021 ieee international black sea conference on communications and networking (blackseacom). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/BlackSeaCom52164.2021.9527756>
- Catak, F. O., Kuzlu, M., Tang, H., Catak, E., & Zhao, Y. (2022). Security hardening of intelligent reflecting surfaces against adversarial machine learning attacks. *IEEE Access*, 10, 100267–100275. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3206012>
- Chen, L., Ye, Y., & Bourlai, T. (2017, September). Adversarial machine learning in malware detection: Arms race between evasion attack and defense. In 2017 european intelligence and security informatics conference (eisic). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/EISIC.2017.21>

- Chiba, T., Sei, Y., Tahara, Y., & Ohsuga, A. (2020, December). A defense method against poisoning attacks on iot machine learning using poisonous data. In 2020 IEEE Third International Conference on Artificial Intelligence and Knowledge Engineering (AIKE). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/AIKE48582.2020.00022>
- Cresci, S., Petrocchi, M., Spognardi, A., & Tognazzi, S. (2022, March). Adversarial machine learning for protecting against online manipulation. *IEEE Internet Computing*, 26(2), 47–52. <http://dx.doi.org/10.1109/MIC.2021.3130380>
- Cruzes, D. S., & Dyba, T. (2011, 9). Recommended steps for thematic synthesis in software engineering. In 2011 International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (p. 275-284). <http://dx.doi.org/10.1109/ESEM.2011.36>
- Davaslioglu, K., & Sagduyu, Y. E. (2019, November). Trojan attacks on wireless signal classification with adversarial machine learning. In 2019 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/DySPAN.2019.8935782>
- Drenkow, N., Lennon, M., Wang, I.-J., & Burlina, P. (2023, January). Do adaptive active attacks pose greater risk than static attacks? In 2023 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/WACV56688.2023.00143>
- Ebrahimabadi, M., Lalouani, W., Younis, M., & Karimi, N. (2021, 7). Countering puf modeling attacks through adversarial machine learning. In 2021 IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI) (p. 356-361). <http://dx.doi.org/10.1109/ISVLSI51109.2021.00071>
- Edwards, D., & Rawat, D. B. (2020, October). Quantum adversarial machine learning: Status, challenges and perspectives. In 2020 Second IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/TPS-ISA50397.2020.00026>
- Frederickson, C., Moore, M., Dawson, G., & Polikar, R. (2018, 7). Attack strength vs. detectability dilemma in adversarial machine learning. In 2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) (p. 1-8). <http://dx.doi.org/10.1109/IJCNN.2018.8489495>
- Goodfellow, I. J., Shlens, J., & Szegedy, C. (2014). Explaining and harnessing adversarial examples. <https://arxiv.org/abs/1412.6572>
- Guesmi, A., Khasawneh, K. N., Abu-Ghazaleh, N., & Alouani, I. (2022, July). Room: Adversarial machine learning attacks under real-time constraints. In 2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/IJCNN55064.2022.9892437>
- Guihai, Z., & Sikdar, B. (2021, 10). Adversarial machine learning against false data injection attack detection for smart grid demand response. In 2021 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm) (p. 352-357). <http://dx.doi.org/10.1109/SmartGridComm51999.2021.9632316>
- Hao, J., & Tao, Y. (2022, May). Adversarial attacks on deep learning models in smart

- grids. *Energy Reports*, 8, 123–129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egyr.2021.11.026>
- Huang, R., Xu, B., Schuurmans, D., & Szepesvári, C. (2015). Learning with a strong adversary. *arXiv preprint arXiv:1511.03034*.
- Jin, Y., Tomoishi, M., & Matsuura, S. (2019, September). A detection method against dns cache poisoning attacks using machine learning techniques: Work in progress. In *2019 IEEE 18th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA)*. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/NCA.2019.8935025>
- Khalid, F., Hanif, M. A., Rehman, S., Qadir, J., & Shafique, M. (2019, March). Fademi: Understanding the impact of pre-processing noise filtering on adversarial machine learning. In *2019 Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition (DATE)*. IEEE. <http://dx.doi.org/10.23919/DATE.2019.8715141>
- Kitchenham, B. A., Budgen, D., & Brereton, P. (2015). *Evidence-based software engineering and systematic reviews (Vol. 4)*. CRC press.
- Kumar, R. S. S., Nystrom, M., Lambert, J., Marshall, A., Goertzel, M., Comissoneru, A., . . . Xia, S. (2020, 5). Adversarial machine learning-industry perspectives. In *2020 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)* (p. 69-75). <http://dx.doi.org/10.1109/SPW50608.2020.00028>
- Lagesse, B., Burkard, C., & Perez, J. (2016, March). Securing pervasive systems against adversarial machine learning. In *2016 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops (PerCom Workshops)*. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/PERCOMW.2016.7457061>
- Li, W., Liu, X., Yan, A., & Yang, J. (2022, August). Kernel-based adversarial attacks and defenses on support vector classification. *Digital Communications and Networks*, 8(4), 492–497. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcan.2021.12.003>
- Li, X., Qiu, K., Qian, C., & Zhao, G. (2020, July). An adversarial machine learning method based on opcode n-grams feature in malware detection. In *2020 IEEE Fifth International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC)*. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/DSC50466.2020.00066>
- Lin, H.-Y., & Biggio, B. (2021). Adversarial machine learning: Attacks from laboratories to the real world. *Computer*, 54(5), 56-60. <http://dx.doi.org/10.1109/MC.2021.3057686>
- Liu, K., Yang, H., Ma, Y., Tan, B., Yu, B., Young, E. F. Y., . . . Garg, S. (2020, August). Adversarial perturbation attacks on ml-based cad: A case study on cnn-based lithographic hotspot detection. *ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems*, 25(5), 1–31. <http://dx.doi.org/10.1145/3408288>
- Ma, Y., Xie, T., Li, J., & Maciejewski, R. (2020, January). Explaining vulnerabilities to adversarial machine learning through visual analytics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(1), 1075–1085. <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2019.2934631>
- Man, Y., Li, M., & Gerdes, R. (2023, May). Remote perception attacks against camera-based object recognition systems and countermeasures. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*. <http://dx.doi.org/10.1145/3596221>
- Marulli, F., Verde, L., & Campanile, L. (2021). Exploring data and model poisoning

- attacks to deep learning-based nlp systems. *Procedia Computer Science*, 192, 3570–3579. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.130>
- McCarthy, A., Ghadafi, E., Andriotis, P., & Legg, P. (2023, February). Defending against adversarial machine learning attacks using hierarchical learning: A case study on network traffic attack classification. *Journal of Information Security and Applications*, 72, 103398. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jisa.2022.103398>
- McDaniel, P., Papernot, N., & Celik, Z. B. (2016, May). Machine learning in adversarial settings. *IEEE Security and Privacy*, 14(3), 68–72. <http://dx.doi.org/10.1109/MSP.2016.51>
- Mehta, C., Harniya, P., & Kamat, S. (2022, 2). Comprehending and detecting vulnerabilities using adversarial machine learning attacks. In 2022 2nd international conference on artificial intelligence and signal processing (aisp) (p. 1-5). <http://dx.doi.org/10.1109/AISP53593.2022.9760580>
- Nazari, N., Makrani, H. M., Fang, C., Omid, B., Rafatirad, S., Sayadi, H., . . . Homayoun, H. (2023, September). Adversarial attacks against machine learning-based resource provisioning systems. *IEEE Micro*, 43(5), 35–44. <http://dx.doi.org/10.1109/MM.2023.3267481>
- Nicolae, M.-I., Sinn, M., Tran, M. N., Buesser, B., Rawat, A., Wistuba, M., . . . others (2018). Adversarial robustness toolbox v1. 0.0. arXiv preprint arXiv:1807.01069.
- Ntalampiras, S. (2023, February). Adversarial attacks against acoustic monitoring of industrial machines. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(4), 2832–2839. <http://dx.doi.org/10.1109/JIOT.2022.3194703>
- Olney, B., & Karam, R. (2022). Diverse, neural trojan resilient ecosystem of neural network ip. *ACM Journal on Emerging Technologies in Computing Systems*, 18(3), 1-23. <http://dx.doi.org/10.1145/3471189>
- P, L. M. D., & Gunasekaran, M. (2023, November). Generating and defending against adversarial examples for loan eligibility prediction. In 2023 international conference on system, computation, automation and networking (icscan). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ICSCAN58655.2023.10395585>
- Paladini, T., Monti, F., Polino, M., Carminati, M., & Zanero, S. (2023, October). Fraud detection under siege: Practical poisoning attacks and defense strategies. *ACM Transactions on Privacy and Security*, 26(4), 1–35. <http://dx.doi.org/10.1145/3613244>
- Papernot, N., McDaniel, P., Jha, S., Fredrikson, M., Celik, Z. B., & Swami, A. (2016, 3). The limitations of deep learning in adversarial settings. In 2016 IEEE European symposium on security and privacy (p. nil). <http://dx.doi.org/10.1109/EuroSP.2016.36>
- Papernot, N., McDaniel, P., Wu, X., Jha, S., & Swami, A. (2015). Distillation as a defense to adversarial perturbations against deep neural networks. nil, nil(nil), nil. <https://arxiv.org/abs/1511.04508>
- Qayyum, A., Usama, M., Qadir, J., & Al-Fuqaha, A. (2020). Securing connected and autonomous vehicles: Challenges posed by adversarial machine learning and the way forward. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 22(2), 998–

1026. <http://dx.doi.org/10.1109/COMST.2020.2975048>
- Quiring, E., & Rieck, K. (2018, September). Adversarial machine learning against digital watermarking. In 2018 26th european signal processing conference (eusipco). IEEE. <http://dx.doi.org/10.23919/EUSIPCO.2018.8553343>
- Seo, J., Park, S., & Kang, J. (2022, June). Secure wireless communication via adversarial machine learning: A priori vs. a posteriori. *ICT Express*, 8(2), 220–224. <http://dx.doi.org/10.1016/j.icte.2021.06.005>
- Shi, Y., Sagduyu, Y. E., Erpek, T., & Gursoy, M. C. (2023). How to attack and defend nextg radio access network slicing with reinforcement learning. *IEEE Open Journal of Vehicular Technology*, 4, 181–192. <http://dx.doi.org/10.1109/OJVT.2022.3229229>
- Shi, Y., Zeng, H., & Nguyen, T. T. (2019, November). Adversarial machine learning for network security. In 2019 ieee international symposium on technologies for homeland security (hst). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/HST47167.2019.9032936>
- Shinde, P. P., & Shah, S. (2018, 8). A review of machine learning and deep learning applications. In 2018 fourth international conference on computing communication control and automation (iccubea) (p. nil). <http://dx.doi.org/10.1109/ICCUBE.2018.8697857>
- Simion, C.-A., Gavrilut, D. T., & Luchian, H. (2019, September). An adversarial machine learning approach to evaluate the robustness of a security solution. In 2019 21st international symposium on symbolic and numeric algorithms for scientific computing (synasc). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/SYNASC49474.2019.00028>
- Szegedy, C., Zaremba, W., Sutskever, I., Bruna, J., Erhan, D., Goodfellow, I., & Fergus, R. (2013). Intriguing properties of neural networks. nil, nil(nil), nil. <https://arxiv.org/abs/1312.6199>
- Tabassi, E., Burns, K. J., Hadjimichael, M., Molina-Markham, A. D., & Sexton, J. T. (2019). A taxonomy and terminology of adversarial machine learning. <http://dx.doi.org/10.6028/nist.ir.8269-draft>
- Tang, Z., Jiao, J., Zhang, P., Yue, M., Chen, C., & Yan, J. (2019, August). Enabling cyberattack-resilient load forecasting through adversarial machine learning. In 2019 ieee power and energy society general meeting (pesgm). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/PESGM40551.2019.8974076>
- Tian, J., Wang, B., Li, J., & Konstantinou, C. (2021, November). Adversarial attack and defense methods for neural network based state estimation in smart grid. *IET Renewable Power Generation*, 16(16), 3507–3518. <http://dx.doi.org/10.1049/rpg2.12334>
- Tian, J., Wang, B., Li, J., Wang, Z., Ma, B., & Ozay, M. (2022, August). Exploring targeted and stealthy false data injection attacks via adversarial machine learning. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(15), 14116–14125. <http://dx.doi.org/10.1109/JIOT.2022.3147040>
- Usama, M., Asim, M., Qadir, J., Al-Fuqaha, A., & Imran, M. A. (2019, August).

- Adversarial machine learning attack on modulation classification. In 2019 uk/ china emerging technologies (ucet). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/UCET.2019.8881843>
- Usama, M., Qadir, J., & Al-Fuqaha, A. (2018, 10). Adversarial attacks on cognitive self-organizing networks: The challenge and the way forward. In 2018 IEEE 43rd conference on local computer networks workshops (LCN workshops) (p. nil). <http://dx.doi.org/10.1109/LCNW.2018.8628538>
- Usama, M., Qadir, J., Al-Fuqaha, A., & Hamdi, M. (2020, January). The adversarial machine learning conundrum: Can the insecurity of ml become the achilles' heel of cognitive networks? *IEEE Network*, 34(1), 196–203. <http://dx.doi.org/10.1109/MNET.001.1900197>
- Usama, M., Qayyum, A., Qadir, J., & Al-Fuqaha, A. (2019, June). Black-box adversarial machine learning attack on network traffic classification. In 2019 15th international wireless communications and mobile computing conference (IWCMC). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/IWCMC.2019.8766505>
- Venkatesan, S., Sikka, H., Izmailov, R., Chadha, R., Oprea, A., & de Lucia, M. J. (2021, 11). Poisoning attacks and data sanitization mitigations for machine learning models in network intrusion detection systems. In *Milcom 2021 - 2021 IEEE Military Communications Conference (Milcom)* (p. 874-879). <http://dx.doi.org/10.1109/MILCOM52596.2021.9652916>
- Verma, G., Ciftcioglu, E., Sheatsley, R., Chan, K., & Scott, L. (2018, October). Network traffic obfuscation: An adversarial machine learning approach. In *Milcom 2018 - 2018 IEEE Military Communications Conference (Milcom)*. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/MILCOM.2018.8599680>
- Verma, U., Huang, Y., Woodward, C., Schmugar, C., Ramagopal, P. P., & Fralick, C. (2022, August). Attacking malware detection using adversarial machine learning. In 2022 4th international conference on data intelligence and security (icdis). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ICDIS55630.2022.00014>
- Wilhjelm, C., & Younis, A. A. (2020, December). A threat analysis methodology for security requirements elicitation in machine learning based systems. In 2020 IEEE 20th international conference on software quality, reliability and security companion (QRS-C). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/QRS-C51114.2020.00078>
- Wohlin, C. (2014, 5). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering* (p. 1-10). <http://dx.doi.org/10.1145/2601248.2601268>
- Yeboah-Ofori, A., Ismail, U. M., Swidurski, T., & Opoku-Boateng, F. (2021, July). Cyber threat ontology and adversarial machine learning attacks: Analysis and prediction perturbation. In 2021 international conference on computing, computational modelling and applications (iccma). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ICCMA53594.2021.00020>
- Yilmaz, I., & Siraj, A. (2021). Avoiding occupancy detection from smart meter using adversarial machine learning. *IEEE Access*, 9, 35411–35430. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3081111>

- org/10.1109/ACCESS.2021.3057525
- Yilmaz, I., Siraj, A., & Ulybyshev, D. (2020, December). Improving dga-based malicious domain classifiers for malware defense with adversarial machine learning. In 2020 IEEE 4th conference on information and communication technology (CICT). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/CICT51604.2020.9311925>
- Yoon, H.-J., Jafarnejadsani, H., & Voulgaris, P. (2023, July). Learning when to use adaptive adversarial image perturbations against autonomous vehicles. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 8(7), 4179–4186. <http://dx.doi.org/10.1109/LRA.2023.3280813>
- Yuan, Y., Apruzzese, G., & Conti, M. (2023, December). Multi-spacephish: Extending the evasion-space of adversarial attacks against phishing website detectors using machine learning. *Digital Threats: Research and Practice*. <http://dx.doi.org/10.1145/3638253>
- Zhang, G., & Sikdar, B. (2022, 10). Ensemble and transfer adversarial attack on smart grid demand-response mechanisms. In 2022 IEEE international conference on communications, control, and computing technologies for smart grids (SmartGridComm) (p. 53-58). <http://dx.doi.org/10.1109/SmartGridComm52983.2022.9960966>
- Zhang, H., Babar, M. A., & Tell, P. (2011). Identifying relevant studies in software engineering. *Information and Software Technology*, 53(6), 625-637. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.010>
- Zhao, T., Yue, M., & Wang, J. (2023, November). Robust power system stability assessment against adversarial machine learning-based cyberattacks via online purification. *IEEE Transactions on Power Systems*, 38(6), 5613–5622. <http://dx.doi.org/10.1109/TPWRS.2022.3233735>
- Zizzo, G., Hankin, C., Maffei, S., & Jones, K. (2019, June). Adversarial machine learning beyond the image domain. In *Proceedings of the 56th annual design automation conference 2019*. ACM. <http://dx.doi.org/10.1145/3316781.3323470>

Ciencia de datos aplicada al análisis de asociación entre la necesidad de servicios de salud en población dependiente y el índice de marginación urbana por AGEB en 2020

Data science applied to the analysis of the association between the need for health services in dependent population and the index of urban marginalization by AGEB in 2020

Angel Fernando Argüello Ortiz¹ y Ángel J. Sánchez-García²

Resumen: En este estudio se realiza un análisis de los microdatos del Censo de Población y Vivienda 2020, en el que se procesaron 387,205,920 datos estatales a nivel de AGEB, que, bajo un proceso de curación, culminaron en una base de 49 mil 586 registros con 19 variables, con las que se generaron los indicadores del Índice de Necesidad de Servicios de Salud (INSS), el Índice de Marginación Urbana 2020 (IMU) y el Promedio de Ocupantes por Vivienda. Utilizando técnicas de análisis espacial, ciencia de datos y aprendizaje automático, se implementaron cuatro algoritmos: *multiple linear regression*, *support vector regression*, *random forest* y *gradient boosting*, con validación cruzada K-Fold de los resultados. Se identifica una relación estadísticamente significativa entre los indicadores, pero débil, sugiriendo la consideración de otros factores y la aplicación de técnicas de ciencia de datos, destacando el uso de algoritmos ensamblados para mejorar niveles de precisión predictiva en explicabilidad y mayor exigencia computacional.

Palabras clave: área geoestadística básica (AGEB), machine learning, random forest, marginación.

Abstract: In this study, an analysis of microdata from the 2020 Population and Housing Census is conducted, processing 387,205,920 data points at the state level by AGEB (Basic Geostatistical Area), which through a curation process culminated in a database of 49,586 records with 19 variables. These were used to generate indicators for the Health Services Need Index (INSS), the 2020 Urban Marginalization Index (IMU), and the Average Occupants per Dwelling. Using spatial analysis techniques, data science, and machine learning, four algorithms were implemented: Multiple Linear Regression, Support Vector Regression, Random Forest, and Gradient Boosting, validating models by K-Fold cross-validation. A statistically significant but weak relationship between the indicators is identified, suggesting the consideration of other factors and the application

1 Docente de tiempo completo de la Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana: aarguello@uv.mx

2 Docente de tiempo completo de la Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana: angesanchez@uv.mx

of data science techniques, highlighting the importance of using ensemble algorithms to improve levels of predictive precision with explainability and greater computational demands.

Keywords: basic geostatistics area (AGEB), machine learning, random forest, marginalization.

Introducción

En la actualidad, el procesamiento, manejo y análisis de grandes volúmenes de información es una garantía para obtener mayor precisión en los resultados de diversos estudios, así como también para identificar la presencia o ausencia patrones de comportamiento; si bien es cierto que requiere de una gran inversión en tiempo de procesamiento, también es cierto que el avance tecnológico nos ha colocado, actualmente, en un punto sin retorno en que el elemento más importante está en las grandes cantidades de datos, junto con la amplia capacidad de integración y análisis y la experiencia de programación o cómputo intensivo.

Así, al introducirnos a la era digital, cada uno de los registros de nuestra fuente de información se transforman en granos de arena que abonan a la estrategia de recopilación, acceso, almacenamiento, procesamiento y modelación de los datos, guiándonos en el proceso de transformación digital de la información y al nuevo enfoque del manejo y aplicación de técnicas estadísticas, definido como aprendizaje automático o *machine learning*. Este proceso de transformación también ha modificado la forma de aplicar la estadística, combinándose con la programación o cómputo intensivo y con infraestructura física, marcando un paradigma en la gestión de la información.

En el presente trabajo se conjugaron estos elementos, iniciando con la integración de los microdatos del Censo de Población y Vivienda 2020 a nivel de Área Geoestadística Básica urbana que son producidos por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023) y que concentraron en el apartado de AGEB y manzana urbana un millón 683 mil 504 registros, dando un total de 387 millones 205 mil 920 datos, que fueron procesados para la integración final de una base de datos a nivel de AGEB de 49 mil 586 registros con 19 variables.

Con base en estos datos, se estimó el índice de necesidad de servicios de salud para analizarlo mediante un proceso de modelación, a partir de una regresión lineal múltiple, empleando como variables independientes el Índice de Marginación Urbana 2020 (IMU) estimado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) (CONAPO, 2021) y el Promedio de Ocupantes por Vivienda registrado por el INEGI. Se integraron las bases de datos correspondientes mediante el lenguaje de programación R y se realizaron los modelos de Machine Learning con las diferentes bibliotecas que el lenguaje de

programación Python provee. Cuatro modelos fueron probados y validados para este trabajo: regresión lineal múltiple, support vector regression, random forest y gradient boosting.

Problema

El presente capítulo se considera como una estrategia de análisis conjunto entre las metodologías y herramientas para el desarrollo de proyectos de ciencia de datos enfocado en el manejo de grandes volúmenes de información sociodemográfica a nivel nacional, implementación de metodologías estadísticas y desarrollo de técnicas de cómputo intensivo, con lo cual se destacan dos elementos importantes: el primero de ellos es la necesidad de implementar técnicas de ciencia de datos para el manejo de grandes volúmenes de información, como en este caso, de los 387 millones 205 mil 920 datos del Censo de Población y Vivienda 2020 a nivel de AGEB y manzana urbana producidos por el INEGI en un millón 683 mil 504 de registros y 19 variables; y el segundo es la aplicación de metodologías estadísticas para el procesamiento y análisis de dichos datos, que conjuntamente, dotan al estado de herramientas y criterios para la planeación y ejecución de políticas públicas en materia de salud y desarrollo.

Existe una gran diversidad de necesidades sociales insatisfechas en la población que generan un desequilibrio en el binomio gobierno-sociedad, plasmado en los niveles de atención de la gobernabilidad democrática, tales como: salud, educación, empleo, obra pública y seguridad.

Es así como se considera importante analizar las condiciones de necesidad de disponer de servicios de salud entre la población en edad dependiente, relacionado con los niveles de marginación urbana a nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB), como una limitante significativa en materia de rezago. Para ello se implementan elementos y metodologías de ciencia de datos para el procesamiento de 387 millones 205 mil 920 datos para la conformación de las bases de información que permitirán destacar la necesidad de implementar procesos de ciencia de datos como *machine learning* y abonar en los criterios de planeación de las políticas públicas a niveles nacional, estatal y municipal.

Fundamentación

El acceso a los servicios de salud por parte de la población es un derecho humano consagrado en el artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el que se establece que “Toda persona tiene derecho a la protección de la salud” y que es una atribución y responsabilidad estricta del Estado de proporcionar dichos servicios y definir las bases bajo las cuales se dará cumplimiento (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021); mediante la Ley General de Salud en su artículo 2° se definen las ocho finalidades del derecho a la protección de la salud

de la población, destacando entre ellas no por más importantes sino relevantes para el estudio: el bienestar físico y mental de la persona y el disfrute de servicios de salud y de asistencia social que satisfagan eficaz y oportunamente las necesidades de la población al tratarse de personas que carezcan de seguridad social, la prestación gratuita de servicios de salud, medicamentos y demás insumos asociados, entre otros 6 (DOF, 2024); dicho acceso está condicionado a la afiliación a una institución pública que brinde dicho servicio público; de otro modo, se tendría que satisfacer esta necesidad mediante servicios privados en los cuales no se requiere ningún tipo de afiliación; y aún a pesar de que el Estado se esfuerza por garantizar a la sociedad un servicio de salud gratuito, expedito y de calidad, no se han alcanzado los niveles deseados, principalmente por los diferentes indicadores socioeconómicos relacionado con los niveles de eficiencia del sistema de salud; por lo que el impacto de la implementación de metodología estadística se basa en manejo, integración y análisis de la información disponible con altos niveles de desagregación por AGEb y manzana urbana, asumiendo que existe una relación entre la necesidad de acceso a los servicios de salud y el nivel de marginación urbana (CONAPO, 2021) junto con el promedio de ocupantes por vivienda, respondiendo parcialmente a la necesidad de estudios con altos niveles de desagregación y a las implicaciones de atender necesidades de derechos humanos y políticas públicas como se indica en el artículo 8 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Veracruz de Ignacio de la Llave, que implica la salud como un derecho fundamental para vivir y crecer en un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y sustentable (LEGISVER, 2025).

En otras palabras, mediante la implementación de metodologías y herramientas actualizadas se ubica el presente trabajo como un proceso de *machine learning*, que clasifica el algoritmo empleado como un modelo de ajuste/entrenamiento, ya que se espera que mediante el algoritmo el modelo aprenda; dicho proceso es parte integral de la ciencia de datos (figura 1), misma que es considerada un constructo derivado de la interacción entre la estadística, la computación y el conocimiento del medio, orientado

Figura 1. Diagrama de ciencia de datos.
Recuperado de https://diegokoz.github.io/intro_ds_bookdown/



a la extracción de información en grandes volúmenes de datos, lo que le da un enfoque multi, inter y transdisciplinario al relacionar principios y prácticas de diferentes campos tales como las matemáticas, la estadística, demografía, actuaría, inteligencia artificial, ingeniería de datos e ingeniería computacional.

Hipótesis

De investigación

La necesidad de servicios de salud en población dependiente está relacionada

con el índice de marginación urbana a nivel de AGEB y el promedio de ocupantes por vivienda.

De machine learning

Para el problema de necesidad de servicios de salud con los microdatos del INEGI, los algoritmos ensamblados de aprendizaje-máquina mejoran estadísticamente la precisión de modelos individuales.

Metodología

Con base en Méndez y otros (2011), este proyecto se encuentra delimitado como una revisión de casos, de tipo observacional, retrospectivo, transversal y descriptivo en el que las bases de datos por AGEB y manzana urbana de los microdatos se encuentran desagregadas por entidad federativa, de tal forma que se fusionaron las 32 bases para integrar una sola a nivel nacional con desagregación a nivel de manzana, quedando una base de datos de un millón 683 mil 504 registros con 230 variables; es decir, un procesamiento de 387 millones 205 mil 920 datos. A partir de la base de datos resultante se seleccionaron 5 variables para la estimación de dos indicadores que dieron origen al índice de necesidad de servicios de salud. De manera conjunta, se integró una variable nueva denominada clave geográfica, integrada por las claves de la entidad federativa, municipio, localidad, área geoestadística básica y manzana, excluyendo los registros con los totales correspondientes a entidad, municipio y localidad.

Bajo la presencia de registros faltantes por entidad se identificó que el estado con menor porcentaje fue Ciudad de México (33.5%) y con mayor porcentaje, Chihuahua (71.8%) (ver anexo 1); esto, aunado al comportamiento de las variables seleccionadas, influyó para decidir integrar una base de datos con 64 mil 313 registros y 5 variables de interés a nivel de AGEB para las estimaciones, calculando el número de registros incompletos en alguna o algunas de las variables, dando como resultado que la variable con menor cantidad de datos faltantes fue POB15_64 y la que registró mayor cantidad fue POB65_MAS; finalmente se concluyó con una base de datos con 49 mil 586 registros y tres variables –las que integrarían el modelo–, los cuales están registrados y coinciden totalmente en la base de datos del INEGI para las AGEB urbanas nacionales; sin embargo, la del índice de marginación urbana del CONAPO no coincide en su totalidad con la del INEGI, es por ello que se emplearon los microdatos.

Como parte del proceso de curación de las base de datos resultó que dos bases de datos –Hidalgo (14) y Quintana Roo (22)– tenían una estructura diferente en su variables regionalizadas; lo que evitaba un proceso inmediato de integración de las bases de datos; posteriormente se identificó que derivado del comportamiento de las variables, no podía utilizarse la base de datos a nivel de manzana, documentando los casos de datos publicados, disponibles y que de manera complementaria indicaban registros completos para la estimación de los indicadores e índice, quedando la base

de datos final a nivel de AGEB conformada con 49 mil 586 registros, comparables con los datos del CONAPO y del INEGI.

Es importante destacar que con el apoyo de análisis espacial se identificó la presencia de 16 mil 915 AGEB urbanas que no registró el Consejo Nacional de Población y que en algunos casos sí se logró asociar en el análisis del Índice de Necesidad de Servicios de Salud mediante los microdatos del INEGI; esto, bajo la consideración de que de acuerdo con el marco geoestadístico nacional, el territorio está dividido en 81 mil 451 AGEB, de las cuales 17 mil 469 son rurales y 63 mil 982 son urbanas; sin embargo, en términos de distribución del territorio, el ámbito rural abarca un área de un millón 931 mil km² y el ámbito urbano tan solo 24 mil 274.5 km², lo que da una idea de la mala regionalización y amanzanamiento de la población de México (figuras 2 y 3).

Figura 2. Distribución territorial por ámbito urbano-rural

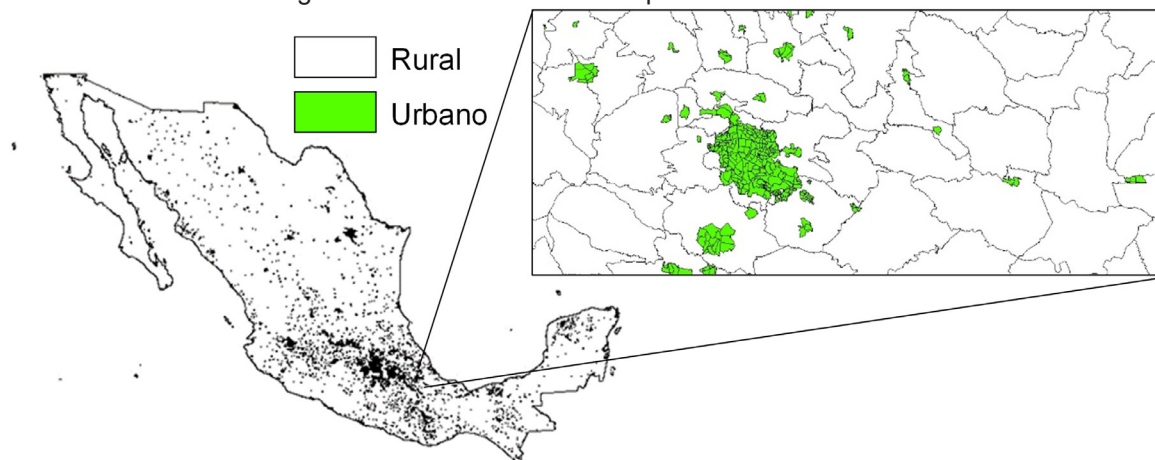
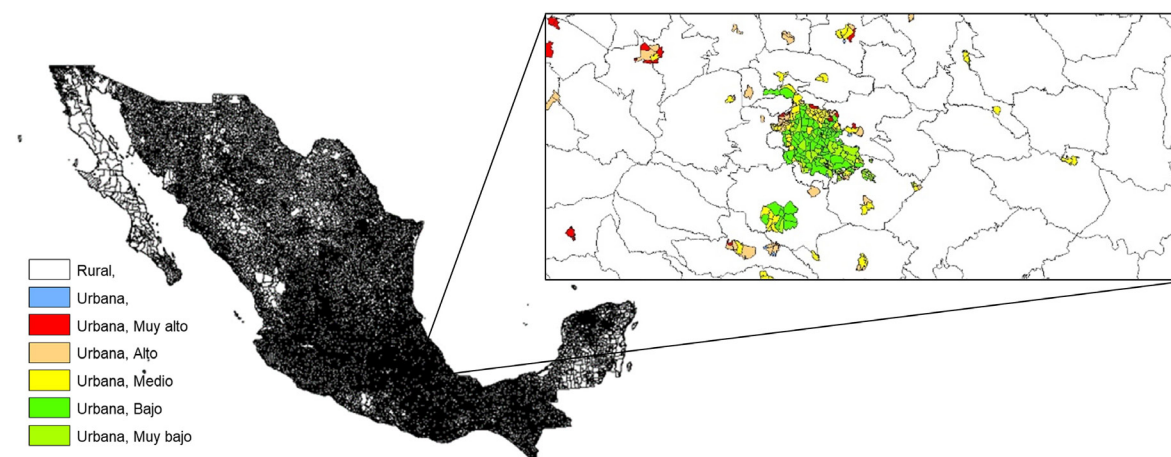


Figura 3. Regionalización urbano-rural por grado de marginación urbana



Las variables empleadas correspondieron a la población total (POB_TOT), la proporción de población sin afiliación a servicios de salud (PPSINDER) y el promedio de ocupantes por vivienda (PROM_OCUP) y la razón de dependencia que explica la carga económica presente en la población productiva (INEGI, 1997), derivadas del censo 2020. Para el caso de la razón de dependencia se integra con tres variables de la siguiente manera:

$$RD = \frac{P_{0-14} + P_{65+}}{P_{15-64}}$$

Donde:

P_{0-14} es la población de 0 a 14 años

P_{15-64} es la población de 15 a 64 años

P_{65+} es la población de 65 años y más

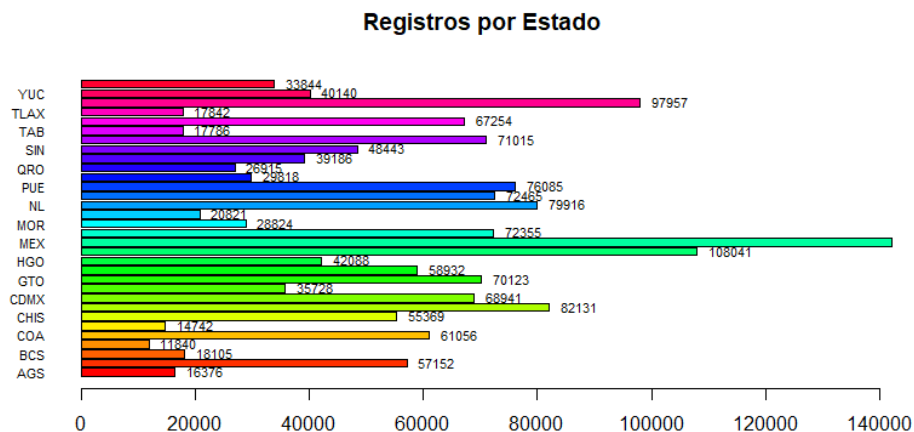
Con la integración y estimaciones correspondientes, se estimó el índice de necesidad a los servicios de salud (INSS) mediante:

$$PPSINDER = PSINDE R / P O B _ T O T$$

$$INSS = RD * PPSINDER$$

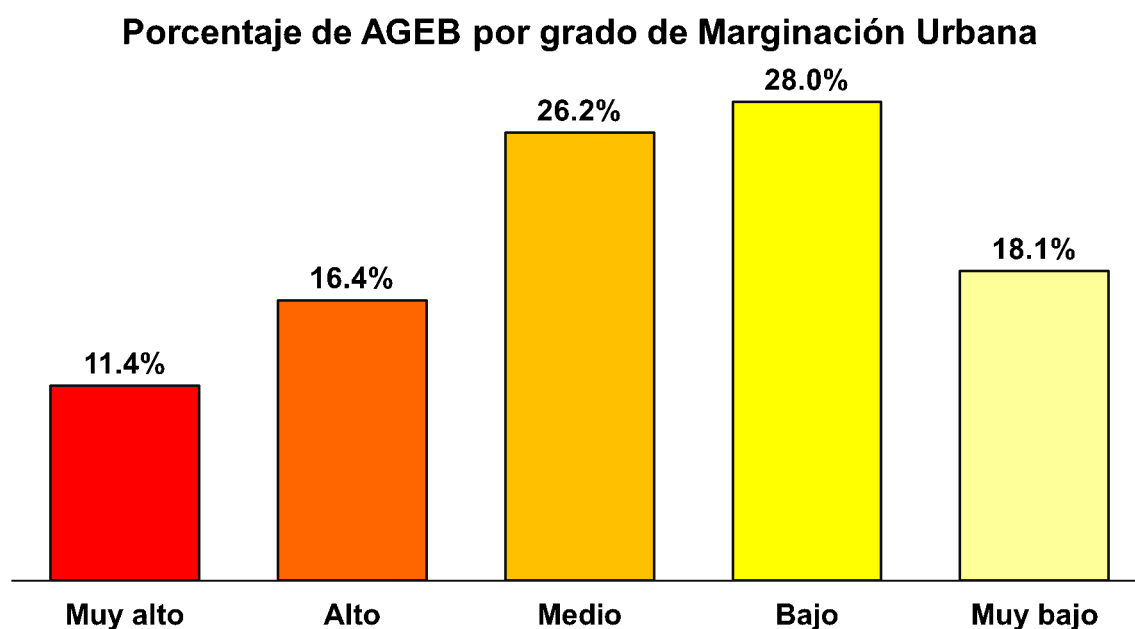
Derivado de estas estimaciones, se aplicaron técnicas de análisis exploratorio para la identificación de registros disponibles, excluidos, integrados por AGEb, conteos de datos faltantes por variable de estudio que provocaban registros incompletos, análisis de dispersión de los datos, correlación y estimación de densidades por variable iniciando con el conteo de registros por estado donde la mayor cantidad de registros a nivel de manzana fue en el estado de México (142,214) y con menor cantidad en Campeche (11,840) como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Registros a nivel de manzana por estado



En materia de datos faltantes, los estados con los porcentaje más altos y muy cercanos fueron Chihuahua (71.8%) Baja California Sur (71.5%) y Zacatecas (71.1%), mientras que el estado con menor porcentaje fue Ciudad de México (33.5%); lo que llevó a que la integración de los registros seleccionados para cada estado estuvo entre el 2.5% y el 3.4%; es decir, a pesar de haberse registrado altos porcentajes de valores faltantes y de registros incompletos, la proporción fue representativa, más aún cuando se identificaron los casos por variable. Con relación a la clasificación que realiza el CONAPO del índice de marginación urbana como muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, las AGEB seleccionadas para el análisis resultaron proporcionalmente significativas como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Porcentaje de AGEB seleccionados por grado de marginación urbana 2020



La representación de la dispersión de variables se realizó de manera estadística y gráfica. En el primer caso, como se muestra en la tabla 1, se identificaron varianzas muy altas en las variables del índice de necesidad a los servicios de salud (INSS) y el índice de marginación urbana 2020 (IMU_2020), no así en la variable del promedio de ocupantes por vivienda (PROM_OCUP).

Tabla 1. Varianza y desviación estándar de las variables		
Variable	Varianza	Desviación estándar
Índice de necesidad a los servicios de salud (INSS)	49.20212	7.014422
Índice de marginación urbana 2020 (IMU_2020)	20.567254	4.535113
Promedio de ocupantes por vivienda (PROM_OCUP)	0.2376682	0.4875122

De manera gráfica, se puede corroborar lo que se identificó de manera estadística; lo cual se ilustra mediante tres representaciones gráficas (figuras 6, 7 y 8), que también se expresa en una de ellas el coeficiente de correlación, en la que se puede apreciar que se registran asociaciones de regular a mala; sin embargo, eso no significa un resultado negativo sino más bien un enfoque a descartar dentro de los posibles criterios de modelación que se refuerzan mediante *machine learning*.

Figura 6. Gráfico de cajas y alambres de las variables de estudio

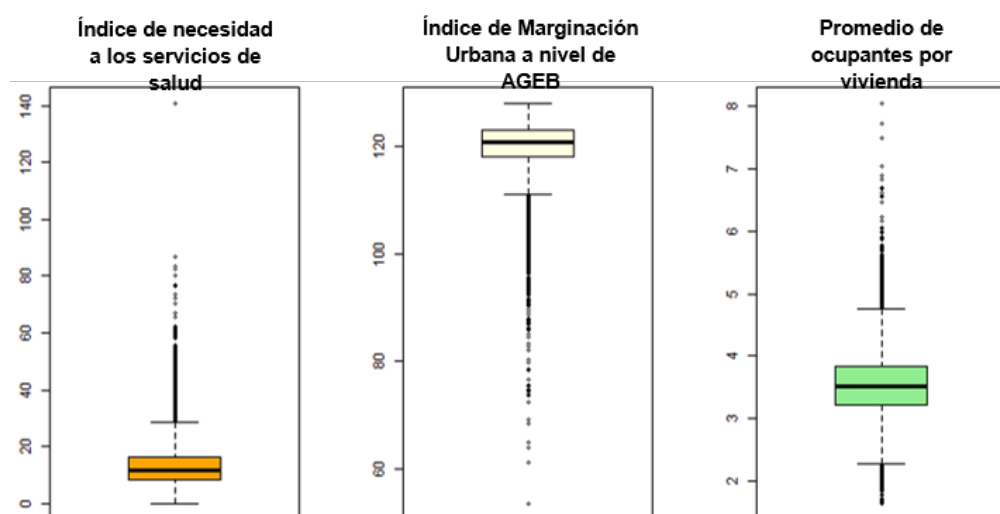


Figura 7. Diagrama de pares con dispersión y densidad de las variables de estudio

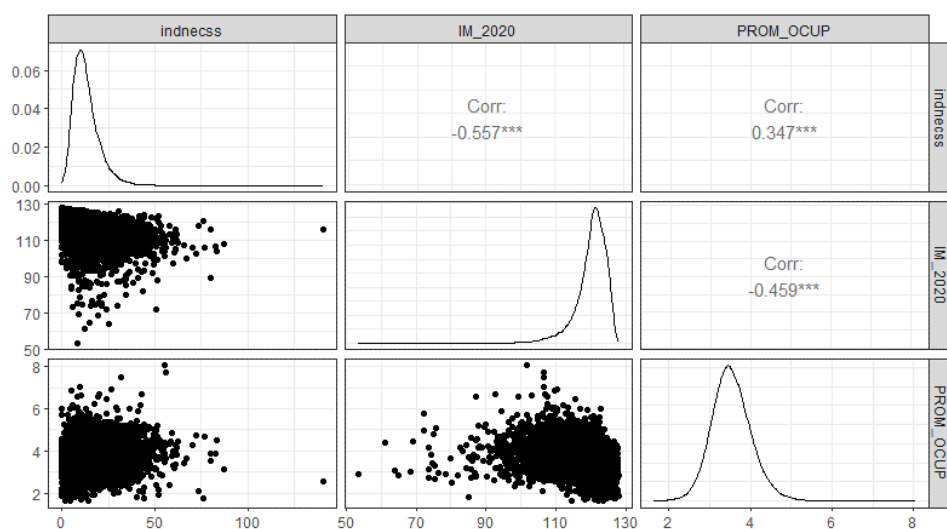
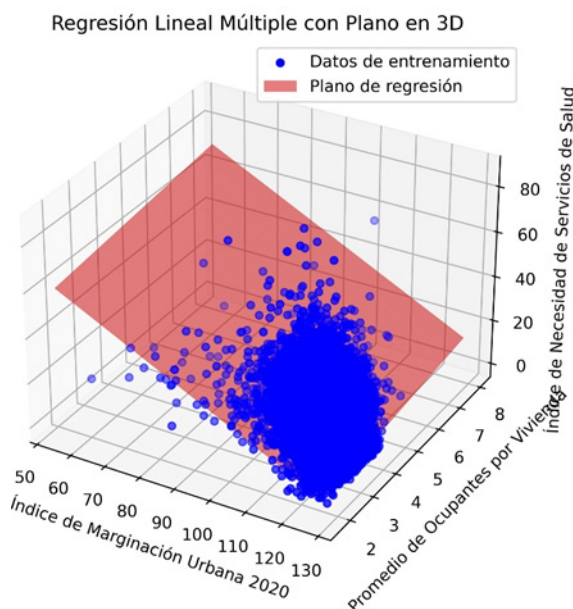


Figura 8. Gráfico 3d de dispersión de las variables bajo estudio



Bajo el enfoque de *machine learning* cada problema tiene una naturaleza específica al momento de seleccionar, plantear, diseñar o programar un algoritmo para su solución y que no existe un algoritmo aplicable a todos los problemas similares o iguales y que a su vez sea el mejor, surge la necesidad de elegir el método más adecuado dadas las características y restricciones del problema en cuestión. Esto se explica mejor mediante los teoremas No Free Lunch (NFL) (Wolpert, 1997), que establecen que no existe ningún algoritmo de optimización o aprendizaje automático que funcione mejor en todos los problemas. En otras palabras, este teorema resalta la importancia de elegir y adaptar la optimización y algoritmos de *machine learning* para problemas específicos en lugar de buscar uno que resuelva todos los problemas; estos algoritmos de *machine learning* se dividen en tres categorías, siendo las dos primeras las más comunes.

- Aprendizaje supervisado.
- Aprendizaje no supervisado.
- Aprendizaje por refuerzo.

El aprendizaje supervisado se compone de dos tareas principales: la clasificación y la regresión, misma que difieren principalmente en el tipo de salida, ya que están diseñados para predecir un valor numérico continuo; mientras que la clasificación se utiliza para predecir la pertenencia a una categoría o clase (el resultado de la predicción es una etiqueta de clase que pertenece a un conjunto discreto y finito de categorías).

Desde el enfoque de la ciencia de datos, para este estudio se emplearon como métodos individuales a la regresión lineal múltiple dada la variable respuesta INSS, asumiendo

la existencia de una relación lineal; posteriormente, se seleccionaron support vector regression (SVR) que es una modificación a support vector machine (SVM), así como árboles de decisión (usualmente utilizados para métodos ensamblados).

La aplicación de un análisis de regresión lineal múltiple para modelar el índice de necesidad de servicios de salud con base en las variables independientes de índice de marginación urbana 2020 y el promedio de ocupantes por vivienda, arrojó un coeficiente de determinación de 0.321, con una correlación múltiple de 0.57, la cual no podría considerarse como buena, por lo que mediante técnicas de *machine learning* se buscará un mejor ajuste. El modelo de regresión quedó estructurado como:

$$\text{Índice de Necesidad de Servicios de Salud} = 100.772491 + -0.779927 * \text{Índice de Marginación Urbana 2020} + 1.661177 * \text{Promedio de ocupantes por vivienda}$$

La regresión de vectores de soporte o *support vector regression* (SVR) es una técnica de aprendizaje supervisado utilizada para la regresión, la cual se basa en el concepto de *support vector machines* (SVM) y es extendida para el problema de regresión (Cortes, 1995). Al igual que en SVM, los puntos de datos que caen dentro del margen o en el lado incorrecto del margen son considerados vectores de soporte. Estos son los puntos más importantes para la definición de la función de regresión y contribuyen significativamente al modelo; sin embargo, a diferencia de SVM, en SVR la idea principal es encontrar una función que se ajuste a los datos de entrenamiento y, al mismo tiempo, minimice la brecha entre los puntos de datos y la función.

El enfoque en los vectores de soporte y el uso de un margen de tolerancia permiten que el modelo sea robusto y capaz de manejar datos ruidosos o no lineales. SVR brinda la flexibilidad de definir el nivel de error aceptable en el modelo y encontrar una línea apropiada (o hiperplano en dimensiones superiores) para ajustarse a los datos.

Es importante destacar que SVR tiene parámetros sensibles, como el parámetro de regularización y la elección del kernel. La selección adecuada de estos parámetros puede requerir ajuste y validación cruzada o algún mecanismo de optimización. Los kernels proporcionados en “sklearn” son *linear* (lineal), *poly* (polinomial), *rbf* (Radial Function Basis), *sigmoid* (Sigmoide), *precomputed* (Matri Gram). Además, es posible controlar el parámetro ϵ .

Se pueden emplear diferentes métodos de regresión para hacer predicciones basadas en las variables explicativas. Los métodos ensamblados se han utilizado en diferentes dominios (Nti, 2020), y sus rendimientos han superado al de los regresores individuales (Hoc, 2023a) (Hoc, 2023b). Los métodos de regresión ensamblados de aprendizaje automático son técnicas que combinan múltiples modelos de regresión único para construir un modelo más potente y preciso (Lu, 2019). Estos métodos se basan en el principio de que en la combinación de múltiples modelos débiles pueden superar

las limitaciones individuales de cada uno y proporcionar predicciones más precisas y sólidas.

En lugar de depender de un único modelo de regresión, los métodos ensamblados aprovechan el conocimiento de diversidad de modelos y el colectivo para mejorar el rendimiento general del modelo. Los métodos ensamblados, como *bagging*, *boosting* y *stacking* son estrategias que combinan múltiples modelos de aprendizaje para mejorar el rendimiento predictivo en comparación con un solo modelo.

El enfoque de *bagging* se basa en la idea de adiestrar múltiples modelos independientes en conjuntos de datos de entrenamiento generados mediante muestreo con reemplazo (*bootstrap*). Cada modelo se entrena en un conjunto de datos diferente, y las predicciones se promedian (para problemas de regresión) o se votan (para problemas de clasificación) para obtener la predicción final. La esencia del *bagging* es entrenar modelos base en conjuntos de datos diferentes, lo que ayuda a reducir la varianza y mejorar la generalización del modelo ensamblado. *Random forest* es un ejemplo popular de un método basado en *bagging* que utiliza árboles de decisión como base. El algoritmo *random forest* (Breiman, 2001) combina métodos de aprendizaje ensamblados para crear múltiples árboles de decisión extraídos aleatoriamente a partir de los datos, promediando los resultados para generar un nuevo resultado que a menudo conduce a predicciones sólidas.

En este proyecto se utilizó el módulo *sklearn* de Python para entrenar el modelo de regresión de *random forest*, específicamente la función *RandomForestRegressor* (Geurts, 2006). La documentación *RandomForestRegressor* presenta muchos parámetros diferentes que se pueden ajustar para el modelo. Algunos de los parámetros importantes son el número de estimadores, la profundidad de cada estimador, número de muestras, entre otros. Por otro lado, a diferencia de *bagging*, *boosting* asigna pesos a las observaciones durante el proceso de entrenamiento; es decir, las observaciones mal predichas por los modelos anteriores tienen un peso mayor en los modelos subsiguientes, permitiendo que el modelo se enfoque más en los casos difíciles. Bajo este enfoque, los modelos se entrenan secuencialmente, y cada modelo intenta corregir los errores de los modelos anteriores, por lo que la predicción final se obtiene combinando las predicciones ponderadas de cada modelo. Ejemplos de algoritmos: *adaboost*, *gradient boosting* (por ejemplo, *XGBoost*, *LightGBM*).

Gradient boosting es una técnica de ensamblado que construye un modelo predictivo fuerte a partir de varios modelos predictivos débiles, generalmente árboles de decisión poco profundos. Se construye de manera secuencial, donde cada árbol corrige los errores de los árboles anteriores. Es un algoritmo de tipo *boosting*, lo que significa que se enfoca en corregir los errores cometidos por modelos anteriores para mejorar la precisión general.

El algoritmo *gradient boosting* fue propuesto inicialmente por Jerome H. Friedman en 2001. Friedman introdujo el concepto de *gradient boosting* como una técnica de optimización basada en funciones de pérdida. Propuso un enfoque de optimización secuencial donde se ajustan modelos débiles (generalmente árboles de decisión) para corregir los errores de los modelos anteriores. La idea central era construir un modelo aditivo que minimice una función de pérdida. Este algoritmo proporciona un rendimiento predictivo excepcional y es uno de los algoritmos más potentes en términos de precisión. Debido a su naturaleza, es robusto frente a valores atípicos y ruido en los datos debido a la combinación de múltiples árboles.

Para la verificación de modelos, se aplica la validación cruzada (*cross-validation*) que se utiliza en *machine learning* para evaluar el rendimiento de un modelo y mitigar problemas de sobreajuste, siguiendo los siguientes pasos:

- Reservar un conjunto de datos de prueba (test).
- Entrenar el modelo utilizando la parte restante del conjunto de datos.
- Utilizar la muestra de reserva del conjunto de prueba (validación). Esto ayuda a medir la eficacia del rendimiento de un modelo. Si el modelo arroja un resultado positivo en los datos de validación, se continúa con el modelo actual.

Hay varias formas de llevar a cabo la validación cruzada, entre ellas el *k-fold cross-validation* que, en cuanto a su eficiencia computacional, es más rápido al ejecutarse k veces en lugar de n veces (n es el número total de datos) y apoya la selección del modelo más adecuado, y considerando la cantidad de datos de este estudio es la mejor técnica con $k = 10$, con la finalidad de dividir el conjunto en 5 subconjuntos y en cada una de las cinco iteraciones se utilizó el 90% para entrenamiento y 10% para prueba.

Resultados

Para la ejecución de los cuatro algoritmos seleccionados: *multiple linear regression*, *support vector regression*, *random forest* y *gradient boosting*, se utilizaron los siguientes parámetros (tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de los algoritmos de prueba			
Multiple Linear Regression	Support Vector Regression	Random Forest	Gradient Boosting
-	• Kernel = Lineal • Grado de la función de kernel polinomial = 3 • Epsilon = 0.1	• Num de árboles = 50 • Función de calidad de separación = Error cuadrático • Bootstrap = True • Máxima profundidad de árboles = 2	• Num de árboles = 50 • Función de pérdida = Error cuadrático • Función de calidad de separación = Friedman MSE • Tasa de aprendizaje = 0.1

Los resultados obtenidos de la ejecución de la validación cruzada de k-Fold, tomando como métrica de evaluación el R^2 y $k=10$ (es decir, en cada iteración se utiliza el 90% para entrenamiento y el 10% de datos para prueba). Se aprecia que en general los mejores resultados se obtienen mediante *gradient boosting*; sin embargo, no ocurre en todos los *folds*. Se resaltan en negritas los mejores resultados. En promedio *gradient boosting* tienen mejor R^2 y *random forest* tiene menos variabilidad (tabla 3).

Tabla 3. Resultados de R^2 a través de k-fold como método de validación de modelos				
Fold	Multiple Linear Regression	Support Vector Regression	Random Forest	Gradient Boosting
1	0.02486369	0.19228474	0.14054651	0.19629745
2	0.3878044	0.43220827	0.40412577	0.44011975
3	0.2369374	0.27533143	0.27053005	0.26651675
4	0.03900454	0.11073966	0.19296311	0.20512673
5	0.27227532	0.2958289	0.37611637	0.43250114
6	0.28558423	0.32610802	0.33738045	0.36903639
7	0.26794884	0.30046699	0.31130087	0.34364901
8	0.23377252	0.29064073	0.25234514	0.27463718
9	0.19773035	0.32357287	0.30284795	0.27152555
10	0.05153418	0.09356886	0.17818625	0.16728504
Promedio	0.19974554	0.26407504	0.27663424	0.2966694
Desviación Std.	0.11557670	0.0982649	0.08220083	0.09148445

Si bien, tanto *random forest* como *gradient boosting* superan el R^2 de los algoritmos individuales, es necesario validar que esa mejora sea estadísticamente significativa. Pasar identificar qué prueba utilizar, se realizaron pruebas de normalidad (tabla 4), donde se aprecia que todas las R^2 se distribuyen de forma normal.

Tabla 4. Pruebas de normalidad de variables				
Modelo	X^2	Shapiro	Skewness	Kutosis
Multiple Linear Regression	Estadístico: 0.741 p-value: 0.6900	Estadístico: 0.893 p-value: 0.1839	Estadístico: -0.541 p-value: 0.5883	Estadístico: -0.670 p-value: 0.5027
Support Vector Regression	Estadístico: 0.485 p-value: 0.7845	Estadístico: 0.910 p-value: 0.2869	Estadístico: -0.680 p-value: 0.4959	Estadístico: 0.147 p-value: 0.8826
Random Forest	Estadístico: 0.690 p-value: 0.7372	Estadístico: 0.968 p-value: 0.8771	Estadístico: -0.236 p-value: 0.8131	Estadístico: -0.744 p-value: 0.4567
Gradient Boosting	Estadístico: 1.148 p-value: 0.5631	Estadístico: 0.929 p-value: 0.4461	Estadístico: 0.452 p-value: 0.650	Estadístico: -0.977 p-value: 0.3314

Finalmente, al verificarse que todas las predicciones tienen una distribución normal, se aplicó una prueba t-student para muestras emparejadas, con el fin de corroborar si existe una diferencia significativa al 95%. *Support vector regression* y ambos algoritmos ensamblados muestran una diferencia significativa con respecto a la regresión lineal (tabla 5).

Tabla 5. Prueba t-student para diferencias				
Modelo	Multiple Linear Regression	Support Vector Regression	Random Forest	Gradient Boosting
Multiple Linear Regression		Estadístico: 4.389 p-value: 0.0017	Estadístico: 4.901 p-value: 0.0074	Estadístico: 5.754 p-value: 0.0002
Support Vector Regression			Estadístico: 0.762 p-value: 0.465	Estadístico: 1.808 p-value: 0.1039
Random Forest				Estadístico: 2.212 p-value: 0.0541
Gradient Boosting				

Discusión

En este proyecto se experimentó con algoritmos ensamblados de regresión para mejorar la precisión del modelo para calcular el índice de necesidad de servicios de salud.

Si bien los algoritmos ensamblados arrojan mejores resultados, es importante mencionar que la explicabilidad y el poder de cómputo son una desventaja respecto a los algoritmos individuales. La elección del algoritmo dependerá de los objetivos de la investigación, pues si lo que se busca es un buen nivel de precisión, *machine learning*, y en especial los métodos ensamblados, demuestran ser una mejor opción.

Además, existe la posibilidad de explorar más algoritmos, pues si bien demuestran ser mejores que los individuales, siempre dependerá del conjunto de datos y sus características para una mejor o peor precisión.

Conclusiones

Con base en los resultados iniciales obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

1. Los resultados obtenidos de los coeficientes de determinación de 0.321 y de correlación múltiple de 0.57, mediante el análisis de regresión lineal múltiple no arrojaron un nivel aceptable para la explicación del índice de necesidad a los servicios de salud, lo que dio origen a la implementación de técnicas de *machine learning* en la búsqueda de un mejor ajuste.
2. Se acepta la hipótesis de *machine learning* que establece que, para el problema de necesidad de servicios de salud con los microdatos del INEGI, los algoritmos ensamblados de machine learning mejoran estadísticamente la precisión de modelos individuales.
3. Para este contexto, el algoritmo ensamblado *gradient boosting* arrojó mejores resultados en cuanto al R^2 .

4. Los resultados de los algoritmos ensamblados en validación cruzada tienen menos variabilidad.
5. Respecto a la hipótesis de investigación se identificó que, con base en el R^2 , sí existe relación entre la necesidad de servicios de salud está relacionada con el índice de marginación urbana y el promedio de ocupantes por vivienda.

Referencias

- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93-115.
- Anselin, L. S. (2024, Enero 10). GeoDa. Retrieved from GeoDa: An introduction to spatial data analysis [Software]: <https://geodacenter.github.io>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45, 5-32.
- Chasco, C. (2003). *Métodos gráficos del análisis exploratorio de datos espaciales*. Madrid, España, : Universidad Autónoma de Madrid.
- CONAPO. (2021). Consejo Nacional de Población. Retrieved from Índices de Marginación 2020: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Cortes, C. &. (1995). Support vector networks. *Machine Learning*, 20, 273-297.
- Crespo, J. A. (2018). *Elecciones y transición democrática en México (2000-2018)*. México: Editorial Porrúa.
- De Corso, G. B. (2017). Métodos gráficos de análisis exploratorio de datos espaciales con variables espacialmente distribuidas. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración* 13(25), 92-104.
- DOF. (7 de Junio de 2024). LEY GENERAL DE SALUD. Obtenido de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGS.pdf>
- Electoral, I. N. (2024). Instituto Nacional Electoral. Retrieved from Sistema de Consulta de la Estadística de las Elecciones: <https://siceen21.ine.mx/home>
- esri. (2022, Abril 9). ArcGis Pro. Retrieved from Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2024). ArcGIS Pro [Software]: <https://pro.arcgis.com>
- Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: a gradient boosting machine. *Annals of statistics*, 1189-123.
- Geurts, P. E. (2006). Extremely randomized trees. *Machine Learning*, 63(1), 3-42.
- Hoc, H. e. (2023). Comparing Stacking Ensemble and Deep Learning for Software Project Effort Estimation. *IEEE Access*.
- Hoc, H. e. (2023). Heterogeneous Ensemble Model to Optimize Software Effort Estimation Accuracy. *IEEE Access*.
- INE. (2024). Elecciones Federales 2024. Retrieved from Base de Datos: <https://computos2024.ine.mx/presidencia/base-de-datos>
- INE. (2024, Marzo 3). Instituto Nacional Electoral. Retrieved from Partidos que perdieron el registro: <https://ine.mx/actores-politicos/partidos-politicos-nacionales/partidos-perdieron-registro/>
- INEGI. (1997). *Manual de Medidas Sociodemográficas*. Ciudad de México: INEGI.
- INEGI. (2023, Noviembre 27). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Retrieved from Subsistema de Información Demográfica y Social: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#microdatos>
- LEGISVER. (13 de Enero de 2025). H. CONGRESO DEL ESTADO DE VERACRUZ. Obtenido de: <https://www.legisver.gob.mx/leyes/LeyesPDF/CONSTITUCI%C3%93N13012025.pdf>

- Lu, X. e. (2019). Ensemble learning regression for estimating unconfined compressive strength of cemented paste backfill. *IEEE access*, vol. 7, pp. 72125–72133.
- Moran, P. (1948). The Interpretation of Statistical Maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 10, No. 2(, 243-251.
- Moran, P. A. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*, 37(1/2), 17-23.
- Nti, K. A. (2020). A comprehensive evaluation of ensemble learning for stock-market prediction. *Journal of Big Data*, vol. 7, no. 1, 1–40.
- Ordóñez, J. (2024, Agosto 3). Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. Retrieved from Representatividad de partidos. Vigilancia del padrón electoral y listas nominales [Documento PDF]: https://www.te.gob.mx/editorial_service/media/pdf/Representatividad_de_partidos.
- Pedregosa, F. V. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12(Oct), 2825–2830.
- Woldenberg, J. (2012). *Historia mínima de la transición democrática en México*. México: El Colegio de México.
- Wolpert, D. H. (1997). No free lunch theorems for optimization. *IEEE transactions on evolutionary computation*, vol. 1, no. 1, 68–82.

Uso de elementos lingüísticos en la educación de la programación: un enfoque naturalístico

Use of linguistic elements in programming education: a naturalistic approach

Lizbeth Alejandra Hernández González¹ y Ulises Juárez Martínez²

Resumen: Este trabajo presenta la propuesta de incorporar lenguajes naturalísticos de propósito general en la enseñanza de la programación. Estos lenguajes utilizan elementos del lenguaje natural como la reflexividad, que es la capacidad de hacer referencia a elementos que han sido mencionados previa o posteriormente. La intención es que el programador forme oraciones más expresivas, es decir, más claras, a partir de una gramática acotada que la computadora pueda procesar. El trabajo presenta los lenguajes representativos del paradigma y sus características principales. Se incluyen los resultados de un estudio de caso de un estudiante de maestría que utilizó el lenguaje Cal-4700. Finalmente, se presenta una prueba con enfoque cualitativo, en la que participaron cinco estudiantes universitarios que programaron una tarea mediante el mismo lenguaje. Los resultados sugieren que este enfoque favorece la claridad del código y promueve la motivación en el aprendizaje de la programación.

Palabras clave: paradigma naturalístico, programación naturalística, lenguajes naturalísticos

Abstract: This paper presents a proposal to incorporate general-purpose naturalistic languages into programming education. These languages use natural language elements, such as reflexivity, which is the ability to refer to elements mentioned previously or subsequently. The intention is for programmers to form more expressive sentences, which means clearer sentences based on a limited grammar that the computer can process. The paper presents the languages representative of the paradigm and their main characteristics. The results of a case study of a master's student who used Cal-4700 are included. Finally, a qualitative test is presented, in which five university students participated by programming a task using the same language. The results suggest that this approach favors code clarity and promotes motivation in learning programming.

Keywords: naturalistic paradigm, naturalistic programming, naturalistic languages.

1 Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México, lizhernandez@uv.mx; <https://orcid.org/0000-0002-8524-3209>

2 Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México, ulises.jm@orizaba.tecnm.mx; <https://orcid.org/0000-0002-5911-3136>

Introducción

El proceso de desarrollo de *software* es inherentemente complejo. En primer lugar, se considera el aspecto mental, en el que el ingeniero de *software* modela la solución abstrayendo los elementos principales del problema, para, a partir de ello, escribir código que satisfaga la solución propuesta. Durante este proceso es habitual que las ideas originales se deformen a causa de la necesidad de adaptarse a la forma en la que funciona actualmente la tecnología, de manera que, muchas veces, se desvía el resultado de los objetivos iniciales.

Como alternativa de solución se propone hacer uso de la programación naturalística. Esta es una nueva forma de crear lenguajes de programación, utilizando elementos del lenguaje natural como la reflexividad, es decir, la capacidad de hacer referencia a elementos mencionados anterior o posteriormente. El paradigma naturalístico tiene la capacidad de analizar, modelar e implementar *software*, reduciendo las dificultades propias del lenguaje de programación y preservando las ideas originales con mayor fidelidad, ya que se utilizan elementos del lenguaje natural para escribir las instrucciones del código fuente. Además, el uso de estos elementos en el código fuente aumenta la expresividad y la claridad de este, haciendo incluso que el código fuente se auto-documente. De esta manera, es posible que cualquier persona ajena al proceso de ingeniería de *software*, sea capaz de leer y comprender las instrucciones escritas en el lenguaje naturalístico.

Con las bondades ya conocidas del lenguaje natural, y con herramientas desarrolladas hacia el esfuerzo de lograr una mayor expresividad al programar, se plantea la pregunta: ¿por qué la programación de todos los días no se realiza utilizando lenguajes naturales? Este trabajo presenta la propuesta de incluir lenguajes naturalísticos de propósito general en la formación de nuevos programadores, haciendo un recorrido por la fundamentación del paradigma, sus orígenes y lenguajes que lo representan. Además de una experiencia metodológica con un estudiante de maestría, basada en el desarrollo de una aplicación lúdica, usando un método de desarrollo propuesto por los autores, que utiliza un lenguaje naturalístico. Finalmente, se presentan los resultados de una prueba realizada con estudiantes de licenciatura, quienes desarrollaron un pequeño programa utilizando un lenguaje naturalístico de propósito general; la discusión y conclusiones correspondientes.

Fundamentación teórica

El paradigma naturalístico fue propuesto por Lopes y otros (2003), dada la necesidad de contar con programas más expresivos; es decir, más claros y cercanos al dominio del problema más que al de la solución. La propuesta consiste en incluir elementos del lenguaje natural en la construcción de lenguajes de programación de propósito general, dada la riqueza que este tiene para lograr aclarar las ideas.

Si bien la riqueza del lenguaje natural lo hace expresivo, también es inherentemente ambiguo. El utilizar al lenguaje natural como herramienta de programación, ha sido un sueño de las ciencias de la computación que data de muchos años atrás, sin embargo, ha sido muy difícil de lograr (Liu y Wu, 2018). En el caso de los lenguajes de programación naturalísticos, se propone obtener lenguajes de tipo natural, pero restringidos y formalizados para ser procesados por las computadoras, ya que esto sí es posible (Yin, 2010). No debe confundirse con procesamiento de lenguaje natural, ya que los lenguajes naturalísticos no infieren ni aprenden.

Pulido-Prieto y Juárez-Martínez (2017) analizaron varias herramientas que utilizan una gramática controlada del idioma inglés con un medio para traducir esta versión controlada, a un lenguaje de programación o a generadores de código de programación que controlan la ambigüedad. Ejemplos se pueden observar en los trabajos de Liu y Lieberman (2005), Yin (2010) y Cozzie y otros (2011). Sin embargo, los autores observaron que muchas de las tecnologías dependen de diccionarios de datos o bibliotecas pre-compiladas, lo cual reduce su uso a dominios particulares y aleja el objetivo de definir un modelo naturalístico de propósito general. También se encontraron con lenguajes con alto nivel de expresividad, con un proceso cognitivo similar al humano para lidiar con la ambigüedad; no obstante, estos están limitados a dominios particulares y utilizan un lenguaje natural controlado. Como resultado de su investigación, los autores propusieron, en Pulido-Prieto y Juárez-Martínez (2019), un modelo naturalístico que identifica los elementos del lenguaje natural que todo lenguaje naturalístico de propósito general debe incluir.

Lenguajes naturalísticos de propósito general

A continuación se presentan las características más importantes de los tres lenguajes naturalísticos de propósito general encontrados en la literatura, los cuales pueden generar código directamente ejecutable.

Pegasus

En Knöll y Mezini (2006) se realizaron los primeros esfuerzos de desarrollar un lenguaje de programación naturalístico mediante la construcción de un prototipo científico llamado Pegasus. Los autores definen por primera vez el término de programación naturalística como “Escribir programas de computadoras con la ayuda del lenguaje natural”. Los autores consideran que los principales problemas de los lenguajes de programación de alto nivel son:

- El problema mental. El programador se ve forzado a ajustar sus ideas a las condiciones de un lenguaje de programación específico. Por ejemplo, para un lenguaje orientado a objetos significaría estructurar las ideas del programa a la forma de clases, métodos y atributos.
- El problema del lenguaje de programación. El mismo programa debe

implementarse una y otra vez para estar disponible en los sistemas de computadora contemporáneos y los nuevos lenguajes de programación.

- El problema del lenguaje natural. Es ineficaz escribir, comentar y documentar software en inglés, el idioma más comúnmente utilizado, para los hablantes no nativos del idioma.
- El problema técnico. Los desarrolladores dedican la mayor parte del tiempo en depurar el programa, además de lidiar con problemas menores como elegir el conjunto de caracteres correcto, hacer conversiones numéricas, administrar el acceso a la base de datos, entre otros; en lugar de enfrentar la tarea de describir y mejorar la idea del programa.

Los autores identifican que el uso de los elementos del lenguaje natural en la programación genera los siguientes beneficios:

- Al escribir los programas en lenguaje natural, no es necesaria una transformación de ideas en otras estructuras de lenguajes como los objetos.
- La programación en lenguaje natural libera a los desarrolladores de la carga de aprender una y otra vez nuevos lenguajes de programación.
- Una vez que la idea se expresó en un lenguaje natural será válida durante mucho tiempo.
- La programación se volverá más fácil: escribir un programa de computadora será como explicar los pensamientos a un colega.

Con lo anterior en consideración se desarrolló el prototipo Pegasus. Su arquitectura tiene tres características básicas: leer el lenguaje natural, generar una salida de código de programación y expresar los resultados en otros idiomas del lenguaje natural (inglés, italiano, alemán, entre otros). Los autores están seguros de que la programación en lenguaje natural será una tendencia futura en el desarrollo de técnicas de programación, enfocadas hacia el pensamiento humano: “La ventaja de un lenguaje de programación naturalístico se trata del potencial para expresar y organizar ideas de una manera natural” (Knöll et ál., 2011).

Apoyándose de los conceptos previos se desarrolla un sistema de tipos naturalísticos con los conceptos de referenciación natural, generalización y descripción de instancia, con las siguientes características:

- Referencias naturales. Se basan en caracterizar objetos por sus propiedades. “Tomar la manzana roja” donde la referencia natural de la manzana es su propiedad roja.
- Generalización. Expresar enunciados generales; hechos generales sobre propiedades o relaciones de objetos. “El gato es un animal”, “Una casa tiene techo”.
- Descripciones de instancias. Los tipos naturalísticos podrían servir como “constructores”, ya que son capaces de iniciar una instancia al momento de crearla. “Una casa roja”: en este caso, la asignación de la propiedad color es implícita omitiendo redundantes asignaciones explícitas como “color = rojo”.

Estudiar el lenguaje natural no solo es importante para mejorar los lenguajes de programación, sino también para mejorar el estilo de programación dentro de los lenguajes existentes.

Las ideas detrás de la construcción de Pegasus promovieron la evolución del paradigma naturalístico, aunque no se cuenta con acceso a una versión de su compilador, lo cual se intentó a través de su sitio oficial en Knöll (2019) o vía comunicación personal con su autor (Knöll, comunicación personal, diciembre 2020). Para una mejor comprensión del paradigma, el siguiente código representa un ejemplo de lo propuesto por Pegasus (Knöll, 2019):

```
"If the quarterly VAT-declaration has not come in  
until the 20th of the first month of the new quarter,  
send a reminder to the dutiable company."
```

La teoría dice que el código se auto-documenta, por lo que debería comprenderse su función sin necesidad de explicarla. Se deja al lector juzgar el nivel de expresividad del código.

Traducción de casos de uso a código fuente

En Mefteh y otros (2018) se presentó un nuevo enfoque hacia la programación naturalística. El enfoque adoptado toma requisitos en forma de casos de uso multilingües, a partir de los cuales un generador de código produce el código de destino (*target*). La riqueza de este nuevo enfoque consiste en la implementación de código XML que representa la información de los escenarios de casos de uso.

Para resolver el código XML en código de lenguaje de programación —Java, en este caso—, el enfoque opera en tres etapas. Primero, transforma los escenarios de casos de uso en patrones del modelo semántico creando las reglas de mapeo correspondientes. El modelo semántico permite que se utilice información al explorar e interpretar la sintaxis de los requisitos, independientemente del lenguaje. En la segunda etapa, el enfoque extrae la implementación de las reglas de mapeo generadas como un código XML siguiendo una estructura específica. En la tercera etapa, el código XML resultante se utiliza para construir las entradas que solicita un generador de código llamado ReDSeeDS. El generador es una herramienta que transforma las entradas en código Java siguiendo la arquitectura modelo-vista-presentador. El enfoque desarrollado, a diferencia de otros, es muy simple porque no requiere ningún estudio previo del idioma para utilizarse, gracias al modelo semántico. Además, el enfoque tiene el potencial de extraer la información adecuada de los escenarios de caso de uso ambiguos y generar entradas bastante completas y correctas para, en consecuencia, obtener un buen código Java.

Los autores evaluaron cuantitativamente la precisión del enfoque y determinaron que existe una precisión media del 87.43% al 89% en términos de modelos. Además, obtuvieron una precisión de entre el 64.4% y 93.43% en términos de eficiencia de código Java.

El enfoque desarrollado es útil para el proceso inicial de desarrollo de cualquier proyecto, recopilando información relacionada con el dominio de la aplicación. Al emplear esta herramienta, los desarrolladores podrían ahorrar tiempo al tener acceso a elementos de código bastante completos y correctos, a partir de los escenarios de casos de uso involucrados en la fase del análisis de la aplicación; sin embargo, el enfoque requiere la construcción de una API (Application Programming Interface) que comunique los modelos generados por el enfoque y los del generador de código ReDseeDS. Este generador usa formatos de modelo específicos no públicos, lo que ha limitado el desarrollo del potencial del enfoque.

SN (Sicut Naturali)

SN es un prototipo de lenguaje de programación naturalístico de propósito general basado en el idioma Inglés, propuesto por Pulido-Prieto y Juárez-Martínez (2020). El lenguaje puede trabajar con referencias indirectas, además de complementar una entidad para darle comportamiento especializado. Lo anterior, a partir de la composición de un sustantivo y varios adjetivos. SN soporta ciclos y condiciones y permite definir el contexto de una oración a partir de la asociación de una oración con otra de forma indirecta. La sintaxis de SN permite trabajar con diversas abstracciones que lo asemejan a un lenguaje natural.

SN es un lenguaje emergente que permite expresar código con una sintaxis simple y similar a la del idioma inglés, que incluye elementos naturales y permite tener un nivel alto de expresividad. SN cuenta con todas las propiedades ya documentadas de los lenguajes de programación naturalístico como lo es la ventaja de generar un código autodocumentado, dadas las construcciones similares a las de un lenguaje natural. Las pruebas realizadas en Pulido-Prieto y Juárez-Martínez (2020) dieron como resultado pequeños programas con instrucciones similares a oraciones, en las que los resultados mejoraron su expresividad según avanzaron las pruebas.

SN es una prueba de concepto del modelo propuesto en Pulido-Prieto y Juárez-Martínez (2019), el cual describe los elementos necesarios para diseñar lenguajes de programación naturalísticos de propósito general. Este modelo integra abstracción, elementos temporales y referencias indirectas en su gramática. El modelo presentado consta de cuatro elementos principales:

- El sustantivo. Es la palabra que se usa para identificar “una cosa” o un conjunto de “cosas”.
- El adjetivo. Se consideró como una abstracción que se usa para proporcionar las propiedades del sustantivo.

- El verbo. Representa acciones del sustantivo; es equivalente a las funciones en otros paradigmas, como en programación funcional o los métodos en la programación orientada a objetos.
- Escritura basada en propiedades. Permite usar propiedades para identificar una entidad particular.

Los autores consideraron que estos elementos brindan la información más relevante en una oración escrita en inglés. Los elementos seleccionados permitirán, además, el diseño de otros lenguajes de programación naturalísticos de propósito general sin requerir diccionarios de datos u otras técnicas. Se observó que SN, a partir del modelo implementado, contribuye a reducir la brecha entre los dominios del problema y de la solución, generando código auto-documentado.

Como resultado, SN requiere un proceso de aprendizaje centrado no sólo en la gramática sino también en adaptar el proceso cognitivo porque, aunque permite la programación de abstracciones como las encontradas en Java, cuando estas se implementan, el lenguaje pierde la naturalidad, lo cual va en contra de los objetivos de la programación naturalística. SN carece todavía de optimización suficiente para su uso en entornos reales; sin embargo, su trabajo está encaminado a lograr ese potencial; SN permite desacoplar las abstracciones y con ello aumentar la modularidad. Además, permite el uso de identificadores para el manejo de gran número de instancias.

Los investigadores sabían que el principal obstáculo del lenguaje natural es que es ambiguo y depende del contexto. Hasta ahora las computadoras procesan sin problema lenguajes de programación porque estos se basan en formalismos que no presentan ambigüedad. En SN las instrucciones se definen de tres formas: sujeto-verbo-objeto, verbo-objeto y verbo-objeto-preposición-objeto. La implementación del lenguaje SN dio como resultado un lenguaje que permite expresar instrucciones con un nivel de expresividad más cercano al idioma inglés, gracias a la gran cantidad de reglas que utilizan para su creación. El lenguaje permite reducir la ambigüedad de los lenguajes naturales gracias al modelo. El siguiente código muestra un programa que calcula el exponente de un número escrito con SN:

```
adjective Exponential:
    attribute states as some Integer Numbers.
    attribute prices are 25, 4 y 50.
    attribute nested as some Integer Numbers are 25.
    verb power num as Integer Number to itself that returns an
Integer Number:
    exp is 1.
    repeat the next instruction num times.
    exp is exp * value of this.
    return exp.
main Exponenciacion:
```

```
exp is 1.  
num is 3.  
number is 4.  
repeat the next instruction num times.  
exp is exp * number.  
System prints exp.
```

Cal-4700

Compiler y Linker-4700 es un lenguaje naturalístico creado por padre e hijo (Rzeppa y Rzeppa, 2019), cuya idea principal es programar las ideas directamente como se piensan, como si se escribiera un pseudocódigo, sin necesidad de traducirlas a un lenguaje de programación. Los autores querían dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Es más fácil programar cuando no tienes que trasladar tus pensamientos en lenguaje natural a sintaxis alternas?
2. ¿Pueden los lenguajes naturales analizarse de una manera descuidada (como aparentemente lo hacen los seres humanos), y aun así proveer de un ambiente lo suficientemente estable para la programación productiva?
3. ¿Pueden los programas de bajo nivel (como los compiladores) escribirse cómoda y eficazmente en lenguajes de alto nivel (como el inglés)?

Los autores respondieron afirmativamente a estas preguntas con su compilador Cal-4700, escrito en inglés plano, con cerca de 25,000 frases de código fuente descargable desde su página principal en (Rzeppa y Rzeppa, 2019). Los autores lo definen como un lenguaje vivo, ya que el mismo programador puede definir tipos y rutinas que hacen que el lenguaje evolucione. El siguiente es un fragmento de código en Cal-4700 que ordena una lista de frutas:

```
To sort some fruits:  
  If the fruits' first is the fruits' last, exit.  
  Split the fruits into some left fruits y  
    some right fruits.  
  Sort the left fruits.  
  Sort the right fruits.  
Loop.  
  Put the left fruits' first into a left fruit.  
  Put the right fruits' first into a right fruit.  
  If the left fruit is nil,  
    append the right fruits to the fruits; exit.  
  If the right fruit is nil,  
    append the left fruits to the fruits; exit.  
  If the left fruit's name is greater  
    than the right fruit's name,
```



```
Move the right fruit from the right fruits
    to the fruits; repeat.
Move the left fruit from the left fruits to the fruits.
Repeat.
```

Como se puede observar en el código anterior, Cal-4700 hace uso de frases imperativas y posesivos en inglés. Todo procedimiento comienza con la palabra “To”.

Comparación entre lenguajes

En Hernández-González y otros (2021) se realiza una revisión de los tres lenguajes naturalísticos de propósito general que pueden generar código ejecutable: Pegasus, SN y Cal-4700. Estos, a consideración de los autores, son los lenguajes de programación naturalísticos más representativos en la actualidad, que trazan una línea de tendencia en la evolución del paradigma de programación naturalístico de acuerdo a una comparación de sus características y ejemplos realizados en los tres lenguajes. En general, los tres lenguajes crean declaraciones que utilizan elementos comunes del lenguaje natural como los sustantivos. Además, los tres lenguajes pueden identificar frases, hacer referencias anafóricas, ejecutar instrucciones de software (como responder a eventos y definir declaraciones condicionales) y usar iteradores naturalísticos.

Pegasus no permite definir tipos, sustantivos ni adjetivos de manera explícita, de acuerdo a lo reportado en la literatura, se infiere que están definidos en un diccionario, sin embargo, estos son factibles de usarse en el lenguaje, de acuerdo al sitio web oficial que muestra su forma de uso. SN y Cal-4700 pueden usar sustantivos (“cosas”) usando declaraciones en singular y plural y permiten al programador administrar el conjunto de “cosas”. Cal-4700 a diferencia de SN y Pegasus, que no usan estructuras gramaticales estrictas, funcionan mediante instrucciones imperativas guiadas de una estructura flexible que no realiza validaciones gramaticales sino de similitud. Para su ejecución, SN no necesita archivos externos, simplemente se instala como cualquier otro lenguaje de programación. Pegasus necesita una base de datos con significados y Cal-4700 cuenta con su propio entorno que incluye un archivo de compilación y una biblioteca de acciones. Pegasus, al usar un generador de código, permite a los usuarios elegir el lenguaje de programación resultante, mientras que SN y Cal-4700 compilan directamente a código ejecutable. En Cal-4700 resalta la ventaja de que consigue incrementar el dominio de su lenguaje, al permitirle a los programadores agregar definiciones no existentes a su biblioteca, además, es posible nombrar de diferentes maneras a las definiciones existentes para hacer que el lenguaje sea más adecuado al estilo de sintaxis del programador.

Se concluyó que Pegasus, Cal-4700 y SN ofrecen más de lo necesario para denominarlos lenguajes de uso general, siguen la filosofía de la programación

naturalística al integrar elementos del lenguaje natural, ser reflexivos y generar programas expresivos y ejecutables. Sin embargo, en la práctica, SN y Pegasus no se encuentran disponibles al público ya que aún están en fase de desarrollo. Cal-4700 sí cuenta con una versión estable disponible al público a través de su sitio web (Rzeppa y Rzeppa, 2019), la cual incluye documentación y ejemplos, por lo que se consideró el lenguaje más estable para los estudios de caso presentados en este trabajo.

Método de desarrollo naturalístico

Como una apuesta más al paradigma, surge una propuesta de método para el análisis y diseño naturalísticos hecha por Hernández-González y otros (2024). El objetivo de la propuesta es aportar formalidad al proceso de desarrollo naturalístico, mediante la elaboración de artefactos de análisis y diseño que permiten guiar la construcción del software bajo este enfoque.

Metodología basada en el desarrollo naturalístico

El presente capítulo se enmarca en un enfoque cualitativo de tipo aplicado, mediante el uso del estudio de caso como estrategia metodológica. La investigación se centró en explorar el uso del lenguaje de programación naturalístico Cal-4700, el más estable según las investigaciones, en un entorno educativo real, con el objetivo de evaluar su expresividad, comprensión y aplicabilidad en estudiantes con formación previa en lenguajes de programación convencionales.

Enfoque y diseño metodológico

El enfoque cualitativo fue seleccionado debido a que se pretendía comprender las experiencias de los estudiantes al interactuar con un paradigma emergente que prioriza la expresividad sobre la formalización técnica tradicional. Primero se probó el enfoque adaptándolo a un contexto educativo lúdico, en el cual se desarrolló una aplicación interactiva dirigida a niños pequeños. En un segundo estudio se diseñó un caso único con una intervención pedagógica breve, que consistió en una práctica guiada de programación utilizando Cal-4700 (Rzeppa y Rzeppa, 2019).

Participantes

Para el primer estudio se contó con el apoyo de un estudiante de la maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Orizaba (ITO); para el segundo estudio el grupo participante estuvo conformado por cinco estudiantes de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITO. Todos los participantes contaban con experiencia previa en programación imperativa y orientada a objetos, lo que permitió establecer un punto de comparación con el paradigma naturalístico.

Técnicas e instrumentos

El primer estudio de caso fue reportado como parte del trabajo de grado del estudiante de maestría, quien trabajó en él durante año y medio aproximadamente, realizando revisiones semanales de sus avances. Durante el primer semestre de su posgrado, los autores de este trabajo impartieron un curso de Programación Orientada a Aspectos; así como de Programación Naturalística. El estudiante tomó dicho curso para contar con las bases necesarias para realizar su trabajo.

Para la práctica con los estudiantes de licenciatura, se utilizaron tres técnicas principales para la recolección de datos:

1. Observación directa, a través de videollamada con cámara encendida para registrar reacciones espontáneas durante el proceso de codificación.
2. Análisis del desempeño, mediante la elaboración de un programa funcional que calcula la serie de Fibonacci en Cal-4700.
3. Encuesta de percepción, construida con base en una escala Likert y preguntas abiertas, para conocer la experiencia del estudiante respecto al paradigma y el lenguaje utilizado.

Procedimiento

El procedimiento metodológico se dividió en seis etapas:

1. Introducción a la práctica y explicación de objetivos.
2. Descarga y exploración del entorno de Cal-4700 con ejemplos funcionales.
3. Breve presentación teórica del paradigma naturalístico.
4. Ejecución de ejemplos en vivo por parte de los estudiantes.
5. Desarrollo individual del algoritmo de Fibonacci usando Cal-4700.
6. Respuesta a la encuesta de evaluación y reflexión final.

Análisis de resultados

Los resultados fueron interpretados a partir de la observación cualitativa de las reacciones, el análisis del código producido y la sistematización de respuestas en la encuesta. Se consideraron las dimensiones de expresividad, comprensión, facilidad de uso, utilidad potencial y disposición a continuar el aprendizaje con Cal-4700.

Resultados

Desarrollo de una aplicación lúdica

El método de desarrollo de software naturalístico propuesto por Hernández-González y otros (2024) fue aplicado para desarrollar una aplicación lúdica utilizando un lenguaje naturalístico (Juárez-Romero et al., 2022). El sistema consta de una aplicación lúdica que tiene como objetivo que niños de entre 5 y 7 años (los jugadores), aprendan a usar

los elementos de la computadora jugando. El juego es un puzzle o rompecabezas, en el que, a través del uso del ratón, al hacer clic y arrastrar, el jugador podrá ordenar las piezas desordenadas de una imagen dividida en secciones.

Juárez-Romero y otros (2022) generaron los artefactos de análisis y diseño que propone el método de desarrollo para generar código naturalístico utilizando el lenguaje Cal-4700. En la figura 1 se presentan dos pantallas de la aplicación lúdica, la pantalla principal para elegir el nivel de dificultad y la figura 2 con la imagen seleccionada en nivel fácil y las piezas ya divididas, listas para armar. La intención es que el lector visualice el tipo de aplicaciones que se pueden realizar con Cal-4700.

Figura 1 Selección de nivel del rompecabezas (Juárez-Romero et ál., 2022)



Figura 2 Imagen seleccionada ya dividida en partes (Juárez-Romero et ál., 2022)



El estudio demostró que es posible aplicar tanto el método de desarrollo como el lenguaje naturalístico Cal-4700 en la construcción de software de propósito general.

Pruebas guiadas con Cal-4700

Como se mencionó en el apartado anterior, al finalizar la práctica guiada, se les pidió a los estudiantes contestar una encuesta de forma anónima, para recabar su opinión acerca del paradigma y del lenguaje Cal-4700. La encuesta y sus resultados se observan en la tabla 1.

Sólo dos estudiantes terminaron completamente el programa, el resto comentó que pudo programar y ejecutar algunas funciones, pero no podían permanecer más tiempo en la sesión.

No se observó alguna expresión de molestia o frustración, más bien parecían muy concentrados revisando la documentación y realizando pruebas. En la tabla 1 se observan los resultados de la encuesta, para cada una de las preguntas se contabilizaron las respuestas, las cuales se encuentran en la escala Likert con los siguientes valores:

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Neutral
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Como se puede observar, cuatro de los cinco estudiantes respondieron favorablemente a cada una de las preguntas. Uno de los estudiantes respondió desfavorablemente; sin embargo contestó que sí utilizaría Cal-4700 para resolver problemas, además de que recomendaría su uso y el de los lenguajes naturalísticos en general.

Los comentarios y sugerencias que se recabaron en la encuesta son los siguientes:

- “Me pareció muy interesante en aprender a utilizar Cal-4700 mediante el lenguaje naturalista, es algo muy nuevo en lo personal para mí, pero me pareció muy práctico, considero que si se requiere algo de practica ya que estamos muy acostumbrados a lenguajes con una sintaxis y estructura muy estricta, con sentencias ya asignadas, y en este lenguaje naturalista podemos implementar nuevas sentencias, me gustó mucho esta platica y por supuesto que me gustaría seguir practicando. No logre terminar la practica realizada durante la plática, pero la terminare ya que me quede con ganas de aprender más”.
- “Es una interfaz fácil de utilizar, en mi caso, la sintaxis es un poco complejo [sic], ya que viene en inglés y me es un poco difícil recordar las sentencias”.
- “El modo de explicación, aprendizaje es muy eficiente al ser algo sencillo y tener conocimientos previos”.
- “Me pareció muy interesante la forma de programar, y sin duda me gusto [sic] y aprendería más sobre Cal-4700”.

El análisis evidenció una actitud favorable hacia el paradigma naturalístico, destacando la expresividad del lenguaje y su potencial educativo. Las principales limitantes percibidas fueron el idioma inglés y la novedad del enfoque. A pesar de ello, todos los participantes manifestaron interés en seguir utilizando este tipo de lenguaje en contextos reales de programación.

Tabla 1 Encuesta de evaluación de Cal-4700 con resultados.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1. Considero que Cal-4700:					
a. Es fácil de utilizar.	1		1		3
b. Es fácil de recordar.	1			2	2
c. Es eficiente.	1			2	2
d. Es flexible.	1			1	3
e. Su interfaz tiene manejo adecuado de errores.	1			2	2
f. Su interfaz minimalista es práctica.	1			3	1
g. Su interfaz es fácil de usar.	1			3	1
h. Su interfaz es fácil de recordar.	1			1	3
i. Es consistente con el paradigma.	1			1	3
j. Proporciona ayuda y documentación suficiente.	1			1	3
	SÍ			NO	
2. Utilizaría Cal-4700 para resolver problemas.	5				
3. Recomendaría utilizar Cal-4700.	5				
4. Recomendaría utilizar lenguajes naturalísticos.	5				

Discusión y conclusiones

La programación naturalística busca reducir la brecha entre el dominio del problema y el dominio de la solución, incorporando elementos del lenguaje natural como la reflexividad en los lenguajes de programación. Los lenguajes naturalísticos presentados muestran que la utilización de un subconjunto controlado del idioma inglés, como lenguaje de programación, permite alcanzar los objetivos de reducir la complejidad y ofrecer mayor expresividad al código fuente. Usar los lenguajes naturalísticos favorece que el programador se enfoque en resolver el problema del cliente, más que en resolver los problemas que la propia tecnología le presenta. La traducción de las ideas sería transparente, sin deformarlas.

Cal-4700 es lo suficientemente robusto para aplicaciones pequeñas a medianas de propósito general, tal como se observó en el estudio de caso lúdico. Su descarga es gratuita y cuenta con la documentación y ejemplos suficientes. Su aceptación en la primera prueba es alentadora, por lo que promover su uso en la enseñanza de la programación se muestra viable. Los estudiantes se enfocarían en diseñar los problemas a través de pseudocódigos, utilizando una gramática reducida del inglés, con un lenguaje que puede evolucionar de acuerdo a sus necesidades. Los códigos se crearían autodocumentados, siendo más comprensibles para los programadores.

Durante la formación profesional, las asignaturas de programación suelen tener índices de reprobación altos, por lo que esta podría ser una buena propuesta a considerar, sin descartar, por supuesto, la enseñanza tradicional.

Esta experiencia demuestra que, mediante una estructura metodológica adecuada, es posible evaluar con rigor el impacto educativo de lenguajes emergentes como Cal-4700, aportando evidencia útil para futuras aplicaciones y adaptaciones curriculares en el ámbito de la programación.

Referencias

- Cozzie, A., Finnicum, M. y King, S. (2011). Macho: programming with man pages. In Proceedings of the 13th USENIX conference on Hot topics in operating systems, pp. 7–7.
- Hernández-González, L. A., Juárez-Martínez, U. y Alducin-Francisco, L. M. (2021). Evolution of Naturalistic Programming: A Need. In J. Mejía, M. Muñoz, I. Rocha, y Y. Quiñonez (Eds.), *New Perspectives in Software Engineering, Advances in Intelligent Systems y Computing*, Cham, pp. 185–198. Springer International Publishing.
- Hernández-González, L. A., Juárez-Martínez, U., Mejía, J. y Aguilar-Laserre, A. (2024). A Proposal of Naturalistic Software Development Method. *JUCS - Journal of Universal Computer Science* 30(2), 179–203.
- Juárez-Romero, J. A., Juárez-Martínez, U., Hernández-González, L. A., Rodríguez-Mazahua, L. y Abud-Figueroa, M. A. (2022). Implementación práctica del paradigma naturalístico mediante un caso de estudio lúdico. *Revista Aristas: Investigación Básica y Aplicada* 9(17), 1–6.
- Knöll, R. (2019). Pegasus Natural Programming. TU Darmstadt. <http://www.pegasus-project.org/en/Welcome.html>.
- Knöll, R., Gasiunas, V. y Mezini, M. (2011). Naturalistic Types. In Proceedings of the 10th SIGPLAN Symposium on New Ideas, New Paradigms, y Reflections on Programming y Software, Onward! 2011, New York, NY, USA, pp. 33–48. ACM. event-place: Portly, Oregon, USA.
- Knöll, R. y Mezini, M. (2006). Pegasus: First Steps Toward a Naturalistic Programming Language. In Companion to the 21st ACM SIGPLAN Symposium on Object-oriented Programming Systems, Languages, y Applications, OOPSLA '06, New York, NY, USA, pp. 542–559. ACM. event-place: Portly, Oregon, USA.
- Liu, H. y Lieberman, H. (2005). Metafor: visualizing stories as code. *IUI '05*, San Diego, California, USA, pp. 305–307. Association for Computing Machinery.
- Liu, X. y Wu, D. (2018). From Natural Language to Programming Language, Chapter 4, pp. 110–130. IGI Global.
- Lopes, C. V., Dourish, P., Lorenz, D. H. y Lieberherr, K. (2003). Beyond AOP: Toward Naturalistic Programming. *SIGPLAN Notices* 38(12), 34–43.
- Mefteh, M., Bouassida, N. y Ben-Abdallah, H. (2018). Towards naturalistic programming: Mapping language-independent requirements to constrained language specifications. *Science of Computer Programming* 166, 89–119.
- Pulido-Prieto, O. y Juárez-Martínez, U. (2017). A Survey of Naturalistic Programming Technologies. *ACM Comput. Surv.* 50(5), 70:1–70:35.
- Pulido-Prieto, O. y Juárez-Martínez, U. (2019). A Model for Naturalistic Programming with Implementation. *Applied Sciences* 9(18), 3936.
- Pulido-Prieto y Juárez-Martínez (2020). Naturalistic Programming: Model y Implementation. *IEEE Latin America Transactions* 18(07), 1230–1237.
- Rzeppa, G. y Rzeppa, D. (2019). The Osmosian Order of Plain English Programmers

Blog. <https://osmosianplainenglishprogramming.blog>.

Yin, P. (2010). Natural Language Programming Based on Knowledge. In 2010 International Conference on Artificial Intelligence y Computational Intelligence, Volume 2, pp. 69–73.

Influencia de los aspectos culturales en el desarrollo de estrategias de ciberseguridad

Influence of cultural aspects in the development of cybersecurity strategies

Dylan Alejandro Velásquez-Leonardo,¹ Juan Carlos Pérez-Arriaga,² Martha Elizabet Domínguez-Bárcenas³ y Héctor Xavier Limón-Riaño⁴

Resumen: La ciberseguridad se considera como el conjunto de prácticas para prevenir amenazas o vulnerabilidades en sistemas digitales que puedan derivar en el robo, alteración o destrucción de información confidencial. Se considera que parte de los problemas de ciberseguridad, de forma intencionada o no, son generados por los usuarios de las TIC, a causa de aspectos culturales y comportamientos sociales. Este estudio se enfoca en la identificación y análisis de los aspectos culturales y el comportamiento de los usuarios que puede influir en la definición y seguimiento de estrategias de ciberseguridad. Utilizando una revisión de literatura multivocal (MLR), se identificaron 38 estudios de literatura blanca y gris que incluyen información sobre el tema. Entre los principales hallazgos se describen factores y errores humanos, elementos demográficos que afectan la ciberseguridad; así como estrategias y técnicas propuestas para contribuir a la disminución de este tipo de problemas de ciberseguridad.

Palabras clave: ciberseguridad, comportamiento humano, aspectos culturales.

Abstract: Cybersecurity is the set of practices to prevent threats or vulnerabilities in digital systems that may result in the theft, alteration, or destruction of confidential information. It is considered that a good part of cybersecurity problems, intentionally or unintentionally, are generated by ICT users due to cultural aspects and social behaviors. This study focuses on identifying and analyzing cultural aspects and user behaviors that may influence the definition and monitoring of cybersecurity strategies. Using a multivocal literature review (MLR), we identified 38 white and gray literature studies that include information on the topic. We identified some human factors, errors, and demographic elements that affect cybersecurity, such as cyber indifference, willingness to comply, age, and gender. We also identified strategies and techniques proposed to contribute to the reduction of this type of cybersecurity problems, where education and user awareness stand out.

1 Universidad Veracruzana, davl.rsc180@gmail.com; ORCID: 0009-0004-2968-5135

2 Universidad de Alcalá, juancarlos.pereza@edu.uah.es, Universidad Veracruzana, juaperez@uv.mx; ORCID: 0000-0003-2354-2462

3 Universidad Veracruzana, eldominguez@uv.mx; ORCID: 0009-0003-8197-5095

4 Universidad Veracruzana, hlimon@uv.mx; ORCID: 0000-0003-4654-636X

Keywords: cybersecurity, human behavior, cultural values

Introducción

En una revisión inicial sobre el tema se encontraron algunos datos y estudios que destacan la importancia de las decisiones humanas en aspectos de ciberseguridad. Muchos problemas en esta área se deben a errores o descuidos derivados de creencias, ideologías o aspectos culturales de los usuarios de las TIC. Se menciona la desventaja psicológica que presentan los usuarios al momento de enfrentarse a un ataque de ciberseguridad. También se destaca la necesidad de una planeación de estrategias de ciberseguridad que puedan resultar efectivas para los problemas detectados.

Ante un panorama de estudios dispersos sobre el tema, el objetivo de esta investigación es la identificación y análisis de los aspectos culturales que pueden influir en la definición y seguimiento de estrategias de ciberseguridad. Para la recopilación de información se realizó una revisión multivocal de literatura, apegada a las pautas de Garousi y otros (2019), con el fin de recuperar evidencia científica y práctica sobre el tema. La síntesis de la información se apegó a la metodología de Popay y otros (2006), para una síntesis narrativa. Las respuestas a las preguntas que guiaron la investigación quedan plasmadas en los hallazgos resultantes del análisis de 38 estudios primarios seleccionados.

Una vez analizados los estudios, se obtuvo información valiosa sobre el comportamiento y los aspectos culturales de los usuarios que influyen en el manejo de situaciones de ciberseguridad, su impacto en las organizaciones; así como la identificación de estrategias que contemplen dichos elementos para mejorar la ciberseguridad.

Problemática y contexto de la problemática

En el ámbito de la seguridad de la información un fallo mínimo puede implicar que los datos y la información se vean comprometidos. De acuerdo con un estudio realizado por Kaspersky en 2017 a nivel global, en ese momento, el 46% de los ataques e incidentes de seguridad se debieron a descuidos o falta de formación por parte del personal (Kaspersky, s.f.). Por su parte, Hamilton (2021) indica que el costo promedio de una filtración de datos en 2020 ascendió hasta 3.86 millones de dólares, lo que representa un problema muy grave para las organizaciones.

Los fallos de seguridad pueden ser derivados de errores o descuidos técnicos, pero muchos de ellos pueden ser generados por los usuarios. Algunos errores podrían ser generados con la intención de dañar, pero en otras ocasiones las decisiones en materia de seguridad pueden ser derivadas de creencias, ideologías o aspectos culturales.

Estudios como el de Onumo y otros (2017) indican que la cultura tiene influencia en el uso y desarrollo de sistemas de información; sin embargo, se detecta la ausencia de estudios que busquen comprender la influencia de la cultura nacional en temas de ciberseguridad. Hadlington (2017) aborda la relación que existe entre algunos factores como los comportamientos de ciberseguridad riesgosos, las actitudes hacia la ciberseguridad en un entorno empresarial, la adicción a internet y la impulsividad emocional de las personas. Wiederhold (2014) presenta evidencia de investigaciones que mencionan que la psicología puede tener un papel muy importante para mitigar el riesgo de la seguridad en el ciberespacio.

Estudios como los anteriores se encuentran dispersos en la literatura, por lo que se identificó la necesidad de recolectar y analizar aquellos estudios que sugieren que la cultura y el comportamiento de los usuarios son parte fundamental para la ciberseguridad, con la intención de exponer el panorama de oportunidades para la generación y/o fortalecimiento de una cultura de ciberseguridad.

Fundamentación teórica

La ciberseguridad se puede definir como el conjunto de herramientas, reglas y métodos que permiten mantener un entorno tecnológico seguro y proteger los activos y usuarios que dependen de dicha tecnología (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008).

Burnap (2021) distingue cuatro conceptos fundamentales para una evaluación de riesgos de ciberseguridad: la vulnerabilidad, entendida como una desprotección que ante un ataque podría conducir a un resultado no deseado; la amenaza, que puede ser un individuo, evento o acción que tiene la capacidad de explotar una vulnerabilidad; la probabilidad de que un ataque aproveche una vulnerabilidad y produzca un resultado indeseable; y el impacto o efecto negativo de una amenaza que explota una vulnerabilidad. En ciberseguridad existen varios elementos que pueden influir, como: políticas y procedimientos, infraestructura tecnológica, software y aplicaciones. Sin embargo, al ser un campo en constante evolución, los factores que intervienen pueden variar a medida que se crean nuevas tecnologías y surgen nuevas amenazas, tal es el caso de los aspectos culturales.

Los aspectos culturales se refieren al conjunto de elementos y características que constituyen la identidad de una sociedad, grupo o comunidad; como pueden ser la historia, la religión, el idioma, el arte, la vestimenta, la economía, la ética, la educación, entre otros. En este sentido, la cultura organizativa, se entiende como el conjunto de creencias, valores, normas y reglas que definen el comportamiento de una organización y sus integrantes (Santander Open Academy, 2022). La cultura de seguridad es un término que abarca diferentes actitudes y valores de las personas, en aspectos relativos a la seguridad (ESGINOVA Group, 2020).

El comportamiento humano es el resultado de la interacción entre el ambiente y la historia de aprendizaje del individuo (Skinner, 1953), se refiere a todas las acciones y conductas que un individuo realiza en respuesta a los estímulos internos y externos que enfrenta y está influenciado por factores como la historia, el aprendizaje, el ambiente y la cultura. El error humano está directamente ligado con el comportamiento humano. Los errores ocurren como resultado de fallas latentes y fallas activas, como las condiciones del lugar de trabajo y las violaciones por parte de los humanos, respectivamente (Reason, 2008, como se cita en Sasse y Rashid, 2021). Reason identifica cuatro tipos de factores que influyen en que las personas cometan errores: factores individuales (como fatiga e inexperiencia), factores humanos (características físicas, psicológicas y sociales que afectan la interacción humana), factores de la tarea (múltiples tareas, aburrimiento, presión del tiempo, etcétera) y factores del entorno (interrupciones en tareas, equipos e información deficientes). Otro aspecto que puede afectar el comportamiento de las personas es la influencia cultural; es decir, las creencias, valores, normas y costumbres compartidos por una comunidad o sociedad, que influyen en las actitudes y comportamientos de sus miembros (Hofstede, 2002).

Algunos factores humanos pueden afectar la gobernanza de la seguridad, por ejemplo, al no creer que los activos están en riesgo o no entender que el comportamiento de las personas puede poner en riesgo el sistema (Sasse y Flechais, 2005).

Metodología aplicada

Se elaboró una revisión de literatura multivocal (MLR, por sus siglas en inglés), de acuerdo con la metodología de Garousi y otros (2019). Una MLR se caracteriza por considerar estudios que incluyan la perspectiva de investigadores y de profesionales en el área, por medio de la inclusión de literatura blanca o formal (proveniente de revistas y conferencias científicas); así como de literatura gris (producida en distintos niveles de gobierno, instituciones académicas, comerciales e industriales). Este enfoque se considera adecuado para buscar respuesta a las preguntas de investigación planteadas en la tabla 1.

Tabla 1. Preguntas de investigación

No.	Pregunta	Descripción
P11	¿Cuál es el comportamiento humano reportado en la literatura asociado al tema de ciberseguridad?	PI1 pretende identificar el comportamiento de los usuarios al encontrarse en situaciones que involucren la toma de decisiones sobre ciberseguridad.
P12	¿Qué aspectos culturales tienen relación con la adopción de buenas prácticas de ciberseguridad?	PI2 intenta determinar si existen aspectos culturales que afecten las buenas prácticas de ciberseguridad en los usuarios.

PI3	¿Cómo afectan los aspectos culturales en la definición y seguimiento de estrategias de ciberseguridad?	PI3 tiene como intención ayudar a comprender la influencia de los aspectos culturales en el seguimiento a las estrategias de ciberseguridad.
PI4	¿Qué estrategias son posibles de implementar para mejorar la ciberseguridad, tomando en cuenta los aspectos culturales relacionados con su adopción?	PI4 explora las estrategias que puedan diseñarse o adaptarse junto con los aspectos culturales identificados, para un entorno seguro en el uso de las tecnologías.

Estrategia de búsqueda

Como fuentes de información se consideraron bases de datos que proporcionan acceso a artículos y revistas científicas en el área de ciencias de la computación: ACM Digital Library, IEEE Explore y Science Direct. Para la literatura gris se utilizó el motor de búsqueda de Google. A partir de una exploración inicial del tema y de las preguntas de investigación, se llegó a la siguiente cadena de búsqueda: Cybersecurity AND ("culture" OR "human" OR "psychology" OR "human-behaviour" OR human-factor). La tabla 2 muestra los criterios para la selección de los estudios primarios.

Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
CI1. El estudio está en idioma inglés. CI2. El estudio fue publicado entre 2017 y 2022 (noviembre). CI3. El título da indicios de responder al menos una pregunta de investigación. CI4. Para literatura blanca, el <i>abstract</i> da indicios de que el estudio puede aportar la investigación. CI5. Para literatura gris, si la fuente no tiene un <i>abstract</i> , se hace una lectura rápida para verificar si puede responder al menos a una de las preguntas de investigación. CI6. Si el estudio responde al menos a una de las preguntas de investigación, se toma en cuenta para su revisión.	CE1. Se descartan los estudios a los que no se tenga acceso completo. CE2. Se excluyen estudios repetidos y/o encontrados en otros motores de búsqueda. CE3. No se contemplan presentaciones o infografías por falta de detalle en la información que brindan. CE4. Se excluyen revisiones sistemáticas o multi vocales de literatura. CE5. Se excluyen libros al ser en su mayoría contenido limitado o con acceso de pago.

Como criterios de paro o de detención de la búsqueda, se utilizaron dos: agotamiento de la evidencia; es decir, detenerse cuando la evidencia es escasa y esfuerzo limitado, lo que implica considerar los primeros 100 resultados del motor de búsqueda en el caso literatura gris.

Criterios de evaluación de calidad

De acuerdo con las pautas de evaluación de calidad propuestas por Garousi y otros (2019), se contemplaron ocho factores de calidad agrupados en cinco criterios para la valoración de literatura gris (GL), tal como se muestra en la tabla 3. A cada pregunta se le asignó un valor numérico (Si = 1, Parcialmente = 0.5, No = 0) que permite evaluar si el estudio cumple o no, con los criterios correspondientes (al menos 70% del total).

Tabla 3. Criterios de evaluación de calidad

Criterio	Factor de calidad
Autoridad del autor/editor	¿El autor/editor tiene experiencia en el tema?
	¿El autor/editor, está relacionado al campo en cuestión?
Metodología	¿La fuente tiene un objetivo claramente establecido?
	¿El trabajo cubre una pregunta específica?
	¿La fuente tiene una metodología establecida?
Objetividad	¿Las conclusiones están respaldadas por el contenido de la publicación?
Novedad	¿Enriquece o agrega algo único a la investigación?
Tipo de salida	• 1er nivel GL (medida = 1): alto control de salida/alta credibilidad: libros, revistas, tesis, informes gubernamentales, libros blancos. • 2do nivel GL de segundo nivel (medida = 0,5): Control de salida moderado/Credibilidad moderada: informes anuales, artículos de noticias, presentaciones, videos, sitios de preguntas y respuestas, artículos wiki, etc. • 3er nivel GL (medida = 0): Control de salida bajo/ Baja credibilidad: blogs, correos electrónicos, tuits.

Selección de estudios

Se obtuvo un total de 38 estudios: 18% en IEEE Xplore, 16% en ACM Digital Library, otro 16% en Science Direct y el 50% restante corresponde a estudios de literatura gris encontrados a través del motor de búsqueda Google.

Extracción, análisis y síntesis de datos

Se diseñó una plantilla de extracción de datos en la que se registraron las respuestas a las preguntas de investigación, así como los datos generales de cada estudio. Una vez analizados los 38 estudios, se observaron algunas tendencias en su distribución: se obtuvieron más respuestas para la PI1, siendo la PI3 para la que menos información se obtuvo; la mayoría de los estudios de literatura blanca corresponden a los años 2020 y 2021; los estudios de literatura gris también comenzaron a incrementar a partir del año 2020. Después del análisis de los estudios, se realizó una síntesis narrativa de acuerdo con las pautas de Popay y otros (2006).

Resultados

Una vez clasificada la información, se llegó a los siguientes resultados:

Comportamiento humano asociado al tema de ciberseguridad

El comportamiento se ve influido por diversos factores de orden genético, social, cultural, psicológico, económico y afectivo (Villanueva, 2022), por lo tanto, es importante comprender el comportamiento de los usuarios para evitar fallas o errores en la ciberseguridad. La tabla 4 destaca los resultados al respecto, divididos en cuatro aspectos del comportamiento humano.

Tabla 4. Aspectos del comportamiento humano asociado al tema de ciberseguridad

Aspecto	Autor	Resultados
Desinterés por parte del usuario	Onumo et al., 2021	El conocimiento de la ciberseguridad y las creencias cognitivas de los empleados influyen en su intención de cumplir con los mecanismos de control de la ciberseguridad organizacional. Por ejemplo, podrían incumplir los procesos de ciberseguridad por dar prioridad a la finalización del trabajo.
	Wang et al., 2021	La indiferencia hacia el trabajo dificulta el cumplimiento de las reglas de seguridad.
	Reegård et al., 2019; SecurityBrief Australia, 2022	La apatía de algunos usuarios hacia las amenazas de ciberseguridad puede derivar de que la consideran como un problema que corresponde atender al área de tecnologías de la información. El concepto de “indiferencia cibernética” se refiere a la incapacidad que siente un individuo de poder influir significativamente sobre los resultados de ciberseguridad.
	Kovacevic et al., 2020	A pesar de disponer de múltiples recursos en la internet sobre conocimientos básicos de seguridad, no se ha despertado el interés de los estudiantes universitarios por aprender al respecto.
Elementos demográficos relacionados al comportamiento de los usuarios	Creese et al. 2021	Las naciones comparten actitudes, valores y prácticas similares en torno a la seguridad cibernética, sin embargo, hay diferencias marcadas por nivel de desarrollo de los países.
	Szczepaniuk et al., 2022	Existe una relación entre la educación, la edad y el conocimiento de las amenazas en el ciberespacio. Siendo este último considerablemente mayor en personas con título académico.
	CYDEF, 2021	La experiencia de personas mayores de 51 años puede ayudarlos a detectar cuando algo “no se siente” del todo bien al recibir un correo electrónico de phishing, evitando su apertura.
Comportamientos y acciones	Abroshan et al., 2021; Greitzer et al., 2021; Ovelgönne et al., 2017	Los comportamientos y actitudes de los usuarios en internet influyen en la probabilidad de ser víctimas de ataques de phishing. El estudio de Greitzer et al. (2021) demostró que los participantes que aceptaron haber sido víctimas de phishing tenían más probabilidades de seguir un enlace que tenía el mismo objetivo. Ovelgönne et al. (2017) indican que la probabilidad e intensidad con la que una computadora es atacada por malware está relacionada con el comportamiento del usuario.

Aspecto	Autor	Resultados
El factor y el error humano	Linkov et al., 2019	El uso frecuente de computadora en el trabajo, para fines no laborales, indica una menor conciencia de la seguridad en la internet. Las personas ansiosas tienen menos éxito al detectar un ciberataque. Los hombres tienen más experiencia en ciberseguridad que las mujeres.
	Hughes-Lartey et al., 2021	La cultura de la seguridad se considera como un factor humano asociado con la voluntad del usuario para seguir los procedimientos de seguridad establecidos.
	Trilateral Research, 2022	Las diferentes áreas de una organización tienen conflicto de prioridades respecto a la seguridad cibernética; ciertas presiones impiden el desarrollo de una ciberseguridad efectiva en la organización. Ver a los empleados como vectores de amenazas afecta los niveles de confianza dentro de la organización.
	Ahola, 2022	Tres factores que intervienen en el error humano son: la oportunidad de que exista el error, factores ambientales y falta de conciencia sobre el efecto de las acciones realizadas.
	Johnston y Warkentin, 2010; Herath y Rao, 2009; Posey et al., 2015, como se cita en Li y He, 2022	La influencia social y la información organizacional pueden ayudar a que los usuarios adopten programas de seguridad. Si la organización cuenta con políticas bien establecidas, es más probable que los usuarios reciban capacitación, información o consejos al respecto.
	Siruela, 2021; VOX Network Solutions, 2019	El factor humano debe ser considerado como un elemento básico dentro de la ciberseguridad, ya que tanto la estructura de seguridad, como las acciones técnicas y formativas están diseñadas por personas. Se recomienda el autodiagnóstico de malos hábitos y comportamientos negligentes por parte de los empleados, así como su identificación y señalamiento por parte de los gerentes.

Aspectos culturales relacionados con las prácticas de ciberseguridad

Se identificaron algunos aspectos culturales y su relación con elementos demográficos y con el comportamiento humano, que impactan en la ciberseguridad, los cuales se describen en la tabla 5. Cabe destacar que una de las consecuencias de los incidentes de ciberseguridad en los que se involucran aspectos culturales, son los altos costos que la mayoría de las pequeñas y medianas empresas no pueden permitirse (CYDEF, 2021).

Estrategias para mejorar la ciberseguridad tomando en cuenta aspectos culturales

Las estrategias identificadas se muestran en la tabla 6.

Tabla 5. Aspectos culturales que influyen en las prácticas de ciberseguridad

Relación	Autor	Resultados
Elementos demográficos	Hughes-Lartey et al., 2021	La cultura nacional puede tener un efecto directo sobre el nivel de protección de la información y el comportamiento. Por ejemplo, las culturas organizacionales occidentales son más individualistas, mientras que las asiáticas son más colectivas.
	Li y He, 2022; Kocksch et al., 2018	Las mujeres reconocen mejor las acciones no éticas y es más probable que reporten malas acciones relacionadas con TI. El cuidado de la seguridad de TI es predominantemente masculino, sin embargo, son frecuentes las demandas de más atención en aspectos de seguridad, por ello se considera que la ciberseguridad podría mejorar con mujeres expertas en el área en posiciones de liderazgo.
	Van Bavel et al., 2019, como se cita en Li y He, 2022	Los adultos mayores son más vulnerables a ciertos ataques de phishing, mientras que los jóvenes nacidos después de 1996 se consideran menos sensibles a los ciberataques, dado que tienen más experiencia al respecto.
Comportamiento humano	SecurityBrief Australia, 2022	La seguridad cibernética se percibe como muy costosa, demasiado compleja y un esfuerzo inútil, debido al poder de las amenazas cibernéticas.
	Kaspersky, s/f	La existencia de reglas estrictas y poco claras puede fomentar temores entre el personal, derivando en la falta de comunicación de los incidentes de ciberseguridad a la alta dirección y a recursos humanos, para evitar ser sancionados.
	Wang et al., 2021	La inexperiencia de los nuevos empleados, puede hacerlos caer en ataques de ingeniería social, en el afán de causar una buena primera impresión.

Tabla 6. Estrategias para mejorar la ciberseguridad considerando aspectos culturales

Estrategia	Autor	Resultados
Capacitación y concientización	Greitzer et al., 2021; Frenken, 2020	Se sugiere brindar capacitación a los usuarios sobre hábitos saludables de seguridad, así como concientizar a los usuarios de las posibles consecuencias negativas de no cumplir con dichos hábitos. La formación en ciberseguridad debe ser periódica a lo largo del año.
	Siruela, 2021	Una iniciativa que apoya a la concientización en ciberseguridad es la recompensa y el reconocimiento a aquellos empleados que participen en la detección de vulnerabilidades o fallos de seguridad, tanto a nivel técnico como de gestión.
Implementación de frameworks o metodologías	AlQadheeb et al., 2022	Se proponen un marco de seguridad que considera las intenciones humanas, las actitudes, las normas y los comportamientos en la toma de decisiones en ciberseguridad, centrándose en cuatro elementos: protección de dispositivos, generación de contraseñas, concienciación proactiva y actualización.
	Hughes-Lartey et al., 2021	Se proponen un marco de seguridad de la información para el Internet de las Cosas (IoT) enfocado en factores humanos, que considera contramedidas para: hacking, pérdida y robo, acceso o divulgación no autorizados y eliminación inadecuada.
	Hajny et al., 2021	Se comparte una metodología que permite diseñar programas de estudio de educación superior en ciberseguridad, basada en el diseño del Marco de Habilidades de Ciberseguridad de los Programas Estratégicos para la Investigación y Tecnología Avanzadas en Europa (SPARTA CSF), en el trabajo de la Agencia de la Unión Europea para la Ciberseguridad (ENISA), la Organización Europea de Seguridad Cibernética (ECSSO) y otros proyectos piloto de Cyber Competence Network (CCN).
Fomento de una cultura de seguridad	Florida Tech Online, 2023	Se recomienda evaluar el estado actual de la seguridad organizacional, establecer la meta para la seguridad y la tecnología, involucrar a ejecutivos y a empleados, definir roles y expectativas.
	VOX Network Solutions, 2019; McAlmont, 2022	Se recomienda limitar accesos y vigilar de cerca el trabajo de los empleados. Hacer que la ciberseguridad forme parte de las evaluaciones de desempeño y los sistemas de recompensa, responsabilizar a los empleados que no cumplan con los protocolos de ciberseguridad.
	OnSolve, 2020; VOX Network Solutions, 2019	Se recomienda elaborar un plan que incorpore las mejores prácticas de ciberseguridad.

Discusión

Una vez analizados los hallazgos se encontró que, para la pregunta PI1 sobre el comportamiento humano reportado en la literatura, asociado al tema de ciberseguridad, destacan el factor y el error humano, señalando aspectos como el comportamiento y actitudes del usuario que lo puede volver víctima de ataques (Ovelgönne et al., 2017; Linkov et al., 2019; Hughes-Lartey et al., 2021), la falta de conciencia sobre las implicaciones de no cumplir con los procedimientos de seguridad (Linkov et al., 2019), así como aspectos organizacionales, como el conflicto de prioridades (Trilateral Research, 2022) y la falta de políticas bien establecidas (Li y He, 2022). El desinterés de los usuarios por cumplir con los procedimientos de seguridad puede derivar del grado de conocimiento y creencias cognitivas de los empleados (Onumo et al., 2021), de una falta de claridad de las responsabilidades de cada parte de la organización o de la sensación de incapacidad para contribuir a mejorar la ciberseguridad (Reegård et al., 2019; SecurityBrief Australia, 2022). Algunos elementos demográficos relacionados con el comportamiento de los usuarios en ciberseguridad son el nivel de desarrollo de los países, la educación, la edad y la experiencia (Creese et al. 2021; Szczepaniuk et al., 2022; CYDEF, 2021).

Respecto a la pregunta PI2 sobre los elementos culturales que tienen relación con la adopción de buenas prácticas de ciberseguridad, se encontraron aspectos culturales relacionados con elementos demográficos como la cultura nacional (Hughes-Lartey et al., 2021), el género (Li y He, 2022; Kocksch et al., 2018) y la edad (Van Bavel et al., 2019, como se cita en Li y He, 2022); así como aspectos culturales relacionados con el comportamiento humano, como la percepción de alta complejidad en la ciberseguridad (SecurityBrief Australia, 2022), la generación de temores al respecto (Kaspersky, s.f.) y la inexperiencia (Wang et al., 2021).

Para la pregunta PI3 sobre la forma en que los aspectos culturales afectan en la definición y seguimiento de estrategias de ciberseguridad, se obtuvieron pocos hallazgos directamente ligados con las respuestas a la pregunta anterior. El impacto puede ser negativo o positivo dependiendo de las características del contexto particular, relacionadas con cultura nacional, género, edad, experiencia y comportamiento humano. Una implicación claramente señalada por CYDEF (2021) es la falta de capacidad de las pequeñas y medianas empresas para cubrir los costos derivados de incidentes de ciberseguridad en los que se involucran aspectos culturales.

Finalmente, para la pregunta PI4 sobre estrategias a implementar para mejorar la ciberseguridad, tomando en cuenta aspectos culturales, destaca la necesidad de capacitación y concientización periódica (Greitzer et al., 2021; Frenken, 2020) y se mencionan propuestas de *frameworks* y metodologías que pueden apoyar en este proceso, considerando factores humanos (AlQadheeb et al., 2022; Hughes-Lartey et al., 2021; Hajny et al., 2021).

Conclusiones

Dada la necesidad de integrar un estudio sobre la influencia de los aspectos culturales en el desarrollo de estrategias de ciberseguridad, a partir de los 38 estudios detectados por la MLR, se encontraron hallazgos sobre cuatro aspectos principales: el comportamiento de los usuarios ante la ciberseguridad, los aspectos culturales que influyen en la ciberseguridad, los efectos de los aspectos culturales y del comportamiento humano en la ciberseguridad, así como las estrategias que consideran estos aspectos para mejorar el manejo de la seguridad.

Los resultados del estudio pueden representar un punto de partida para aquellas organizaciones interesadas en mejorar su seguridad cibernética desde una perspectiva humana. Identificando las razones que podrían dar origen a los comportamientos de su personal en materia de ciberseguridad, así como sus implicaciones, para considerarlas en la definición de políticas y procedimientos, alineadas a un marco de referencia que se adapte a su contexto particular.

Un área de oportunidad que se detecta es la actualización del estudio para poder integrar hallazgos posteriores al periodo establecido en los criterios de selección de estudios. Como oportunidades de investigación o de aplicación del conocimiento se plantean: la relación entre los aspectos demográficos y psicológicos involucrados en las decisiones en materia de ciberseguridad, así como la capacitación y formación en ciberseguridad con la finalidad de disminuir el error humano. Por último, es fundamental que usuarios, profesionales de las TIC y tomadores de decisiones tengan presente que la ciberseguridad no solo implica habilidades técnicas, ya que, en la planeación, el diseño y la aplicación de las estrategias correspondientes siempre estará presente el factor humano.

Referencias

- Abroshan, H., Devos, J., Poels, G., & Laermans, E. (2021). Phishing Happens Beyond Technology: The Effects of Human Behaviors and Demographics on Each Step of a Phishing Process. *IEEE Access*, 9, 44928–44949. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3066383>
- Ahola, M. (2022, 17 junio). The Role of Human Error in Successful Cyber Security Breaches. *usecure Blog*. <https://blog.usecure.io/the-role-of-human-error-in-successful-cyber-security-breaches>
- AlQadheeb, A., Bhattacharyya, S., & Perl, S. (2022). Enhancing cybersecurity by generating user-specific security policy through the formal modeling of user behavior. *Array*, 14, 100146. <https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100146>
- Burnap, P. (2021). Risk Management & Governance. The Cyber Security Body of Knowledge version 1.0.1. University of Bristol. [Online]. <https://www.cybok.org/>
- Creese, S., Dutton, W. H., & Esteve-González, P. (2021). The social and cultural shaping of cybersecurity capacity building: A comparative study of nations and regions. *Personal and Ubiquitous Computing*, 25(5), 941–955. <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01569-6>
- CYDEF. (2021, mayo 19). The Human Factor: The Hidden Problem of Cybersecurity. <https://cydef.ca/blog/the-human-factor-the-hidden-problem-of-cybersecurity/>
- ESGinova Group. (29 de enero del 2020). ¿Qué es la cultura de seguridad en las organizaciones?. Recuperado 20 de junio de 2023, de <https://www.nueva-iso-45001.com/2020/01/que-es-la-cultura-de-seguridad-en-las-organizaciones/>
- Florida Tech Online. (1 de mayo del 2023). Creating a Cybersecurity Culture in Your Organization. Online Degrees - Florida Institute of Technology. <https://www.floridatechonline.com/blog/information-technology/creating-a-cybersecurity-culture-in-your-organization/>
- Frenken, P. (2020). Building a Culture of Security. *ISACA Journal*, Volume 5. Recuperado el 7 de marzo de 2025, de <https://www.isaca.org/resources/isaca-journal/issues/2020/volume-5/building-a-culture-of-security>
- Garousi, V., Felderer, M., & Mäntylä, M. V. (2019). Guidelines for including grey literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering. *Information and Software Technology*, 106, 101–121.
- Greitzer, F. L., Li, W., Laskey, K. B., Lee, J., & Purl, J. (2021). Experimental Investigation of Technical and Human Factors Related to Phishing Susceptibility. *ACM Transactions on Social Computing*, 4(2), 1–48. <https://doi.org/10.1145/3461672>
- Hadlington, L. (2017). Human factors in cybersecurity; examining the link between Internet addiction, impulsivity, attitudes towards cybersecurity, and risky cybersecurity behaviors. *Heliyon*, 3(7), e00346.
- Hajny, J., Ricci, S., Piesarskas, E., Levillain, O., Galletta, L., & De Nicola, R. (2021). Framework, Tools and Good Practices for Cybersecurity Curricula. *IEEE Access*, 9, 94723–94747. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3093952>

- Hamilton, J. (2021, 9 abril). El factor humano: el eslabón más débil de la ciberseguridad. GlobalSign. Recuperado 2 de mayo de 2023, de <https://www.globalsign.com/es/blog/human-element-cybersecuritys-weakest-link>
- Hofstede, G. (2002). Culture's consequences: comparing values, behaviors, institutions, and organizations across nations. *Academy of Management Review*, 27(3), 460.
- Hughes-Lartey, K., Li, M., Botchey, F. E., & Qin, Z. (2021). Human factor, a critical weak point in the information security of an organization's Internet of things. *Heliyon*, 7(3), e06522. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06522>
- Kaspersky (s/f). The Human Factor in IT Security: How Employees are Making Businesses Vulnerable from Within. <https://www.kaspersky.com/blog/the-human-factor-in-it-security/>
- Kocksch, L., Korn, M., Poller, A., & Wagenknecht, S. (2018). Caring for IT Security: Accountabilities, Moralities, and Oscillations in IT Security Practices. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 2(CSCW), 1–20. <https://doi.org/10.1145/3274361>
- Kovacevic, A., Putnik, N., & Toskovic, O. (2020). Factors Related to Cyber Security Behavior. *IEEE Access*, 8, 125140–125148. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007867>
- Li, L., Xu, L., & He, W. (2022). The effects of antecedents and mediating factors on cybersecurity protection behavior. *Computers in Human Behavior Reports*, 5, 100165. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100165>
- Linkov, V., Zámečník, P., Havlíčková, D., & Pai, C.-W. (2019). Human Factors in the Cybersecurity of Autonomous Vehicles: Trends in Current Research. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00995>
- McAlmont (13 de mayo del 2022). Cybersecurity Learning: Building a Culture of Cyber Awareness. Spiceworks Inc. <https://www.spiceworks.com/it-security/cyber-risk-management/guest-article/cybersecurity-learning-building-a-culture-of-cyber-awareness/>
- OnSolve. (2020). Create a Culture that Promotes Cybersecurity Awareness Communication. <https://www.onsolve.com/blog/creating-culture-cyber-security-awareness/>
- Onumo, A., Cullen, A., & Ullah-Awan, I. (2017). An Empirical Study of Cultural Dimensions and Cybersecurity Development. 2017 IEEE 5th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), 70–76. <https://doi.org/10.1109/FiCloud.2017.41>
- Onumo, A., Ullah-Awan, I., & Cullen, A. (2021). Assessing the Moderating Effect of Security Technologies on Employees Compliance with Cybersecurity Control Procedures. *ACM Transactions on Management Information Systems*, 12(2), 1–29. <https://doi.org/10.1145/3424282>
- Ovelgönne, M., Dumitraş, T., Prakash, B. A., Subrahmanian, V. S., & Wang, B. (2017). Understanding the Relationship between Human Behavior and Susceptibility to Cyber Attacks: A Data-Driven Approach. *ACM Transactions on Intelligent*

- Systems and Technology, 8(4), 1–25. <https://doi.org/10.1145/2890509>
- Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., Britten, N., Roen, K. & Duffy, S. (2006). Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews: A product from the ESRC Methods Programme. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/2.1.1018.4643>.
- Reegård, K., Blackett, C., & Katta, V. (2019). The Concept of Cybersecurity Culture. Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL), 4036–4043. https://doi.org/10.3850/978-981-11-2724-3_0761-cd
- Santander Open Academy (2022). Cultura organizativa: qué es y por qué es tan importante para las empresas. Recuperado el 23 de junio de 2023, de <https://www.becas-santander.com/es/blog/cultura-organizativa.html>
- Sasse M. A. & Rashid A. (2021). Human Factors. The Cyber Security Body of Knowledge version 1.0.1. University of Bristol. [Online]. <https://www.cybok.org/>
- Sasse, M. A., & Flechais, I. (2005). Why Do We Need It? How Do We Get It? en Cranor & Garfinkel (Ed.), Security and Usability (pp. 12-30). O'Reilly
- SecurityBrief Australia. (s/f). It's the culture: The impact of cyber indifference on cybersecurity. Recuperado el 31 de agosto de 2022, de <https://securitybrief.com.au/story/it-s-the-culture-the-impact-of-cyber-indifference-on-cybersecurity>
- Siruella, C. del C. A. (2021, septiembre 20). The human factor: A key element of cyber security. Think Big. <https://business.blogthinkbig.com/human-factor-key-element-cybersecurity/>
- Skinner, B. F. (1953). Science and human behavior. The MacMillan Company.
- Szczepaniuk, E. K., & Szczepaniuk, H. (2022). Analysis of cybersecurity competencies: Recommendations for telecommunications policy. Telecommunications Policy, 46(3), 102282. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102282>
- Trilateral Research (8 de febrero del 2022). Analysing the human-factor-based aspects of cybersecurity. <https://trilateralresearch.com/cybersecurity/analysing-the-human-factor-based-aspects-of-cybersecurity>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2008, abril). Recomendación UIT-T X.1205. <https://www.itu.int/rec/T-REC-X.1205-200804-I/es>
- Villanueva M. (2022). Definición de Comportamiento. Recuperado 16 de mayo de 2022, de <https://significado.com/comportamiento/>
- VOX Network Solutions. (9 de diciembre del 2019). Cyber Security Awareness and the Human Factor. <https://www.voxns.com/cyber-security-awareness-human-factor/>
- Wang, Z., Sun, L., & Zhu, H. (2020). Defining Social Engineering in Cybersecurity. IEEE Access, 8, 8509485115. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992807>
- Wiederhold, B. K. (2014). The Role of Psychology in Enhancing Cybersecurity. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 17(3), 131–132.

Exploring the effectiveness of differential evolution for maximizing coverage in automatic testing

Explorando la efectividad de la evolución diferencial para maximizar la cobertura en pruebas automáticas

Saúl Domínguez-Isidro¹

Resumen: Las pruebas de software basadas en búsqueda (SBST) pretenden optimizar la generación de casos de prueba mediante metaheurísticas, maximizando métricas de calidad como la cobertura de código. Este estudio examina la eficacia de la evolución diferencial (ED) en la generación automática de conjuntos de pruebas que maximizan la cobertura. Se diseñó un estudio empírico exploratorio, utilizando funciones basadas en Python para evaluar el rendimiento de la ED. Los resultados obtenidos destacan el potencial de la ED en comparación con el recocido simulado (SA), demostrando mejoras tanto en la cobertura alcanzada como en el número de evaluaciones de funciones objetivo necesarias.

Palabras clave: pruebas de software basadas en búsqueda, evolución diferencial, cobertura

Abstract: Search-Based Software Testing (SBST) aims to optimize test case generation through metaheuristics, maximizing quality metrics such as code coverage. This study examines the effectiveness of Differential Evolution (DE) in generating test suites that maximize coverage automatically. An exploratory empirical study was designed, utilizing Python-based functions to evaluate the performance of DE. The obtained results highlight DE's potential compared to Simulated Annealing (SA), demonstrating improvements in both achieved coverage and the number of objective function evaluations required.

Keywords: search-based software testing, differential evolution, coverage

List of Acronyms

- SBST: Search-based software testing
- DE: Differential evolution
- SA: Simulated annealing
- SUT: System under test
- GA: Genetic algorithm

¹ Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Xalapa, México: sauldominguez@uv.mx; ORCID: 0000-0002-9546-8233

- PSO: Particle swarm optimization
- ACO: Ant colony optimization
- FEs: Fitness function evaluations
- NP: Population size (DE parameter)
- CR: Crossover probability
- F: Scaling factor
- UML: Unified modeling language

Introduction

Software testing plays a fundamental role in software development, aiming to detect faults, evaluate performance, and assure the reliability and quality of the final product. During this phase of the development cycle, emphasis is placed on formulating test case suites to verify software compliance with predefined requirements and correct functionality across various scenarios. Despite its crucial role, software testing typically requires significant time and resources, posing challenges particularly in extensive projects or complex systems, where managing the balance between constraints, essential requirements, and the inherent imprecision of these requirements is vital (Harman, Mansouri, & Zhang, 2001).

Over time, test design has evolved significantly, driven by emerging tools and techniques that have radically transformed the testing landscape. Prominent among these are automation and optimization methods. Tools such as Selenium (2023), widely used for test design and management, and optimization approaches employed in Search-Based Software Engineering (SBSE) have become essential (Harman & Jones, 2001). SBSE does not necessarily seek definitive solutions but instead employs metaheuristic algorithms to generate optimal or near-optimal test suites, effectively automating and optimizing test processes (Harman, Jia, & Zhang, 2015).

Metaheuristics employed within SBST can be categorized as traditional single-point methods, such as Simulated Annealing (SA), population-based evolutionary algorithms, such as Genetic Algorithms (GA) and Differential Evolution (DE), and population-based swarm intelligence algorithms (Kennedy and Eberhart, 2001), such as Particle Swarm Optimization (PSO) and Ant Colony Optimization (ACO). These techniques explore the solution space efficiently, optimizing objectives like code coverage, test case reduction, and fault detection (Hernández-Suárez, 2024). DE (Storn and Price, 1997) has gained significant attention due to its straightforward structure, robustness, and efficacy in handling continuous optimization problems. These characteristics make DE suitable for automatically generating test suites that maximize code coverage. In order to evaluate DE's potential, specifically in test suite generation, an exploratory empirical study was designed using Python-based functions. Results indicate DE's superior performance

compared to SA, reinforcing its capability to enhance code coverage significantly and thus emphasizing its suitability for SBST.

The structure of this document is as follows: Section 2 describes the problem statement; Section 3 presents related works; Section 4 explains the proposed approach; Section 5 presents the experimental design and results, while Section 6, the discussion; finally, conclusions and future work are outlined in Section 7.

Problem statement

Code coverage is a metric used in software testing to measure the extent to which the source code of a program is executed when a test suite runs (Myers, Sandler, & Badgett, 2011). It provides quantitative insight into how thoroughly the software has been tested, identifying areas of code that have not been exercised. Code coverage can be calculated by dividing the number of code elements (e.g., statements, branches, conditions) executed by the tests by the total number of elements in the software (Ammann & Offutt, 2016). Higher coverage typically correlates with a lower likelihood of undiscovered defects, thereby enhancing software quality and reliability (Zhu, Hall, & May, 1997).

The coverage problem in software testing involves selecting test cases that collectively execute the largest possible proportion of a software's code elements (branches, statements, conditions). Formally, the coverage problem can be expressed as an optimization problem.

Let T be the set of potential test cases, $C(t)$ represent the set of code elements covered by the test case t , and E be the set of all code elements in the software under test. The problem consists of selecting a subset $T' \subseteq T$ such as the proportion of covered code elements, defined as Eq 1.

maximize:

$$\frac{\left| \bigcup_{t \in T'} C(t) \right|}{|E|} \quad (1)$$

where U denotes the union of all unique code elements covered by the selected test cases T' .

Related works

DE has demonstrated effectiveness in generating high-quality test cases due to its simplicity, robustness, and capability to handle continuous search spaces.

Varshney and Mehrotra (2016) proposed a DE-based approach for automated test data generation to maximize data-flow coverage. Their study designed a fitness function leveraging dominance relations and branch distance metrics to guide the search process. Experimental results showed that their DE-based approach outperformed Random Search, GA, and PSO regarding average coverage and number of generations, particularly for benchmark programs where data-flow coverage is critical (Varshney & Mehrotra, 2016). Panda et al. (2020) developed a hybrid metaheuristic framework combining the Firefly Algorithm (FA) with DE for test suite generation in object-oriented programs. The approach utilized UML behavioral state chart models to derive feasible test sequences and then applied the hybrid FA-DE algorithm for optimization. Their results demonstrated improved performance over individual FA and DE implementations, achieving better exploration, exploitation, and coverage of transition paths in model-based testing scenarios (Panda et al., 2020).

Pietrantuono and Russo (2018) analyzed search-based optimization techniques applied to the Testing Resource Allocation Problem (TRAP). Their study provided an overview of metaheuristic methods, including DE, employed to optimize resource distribution among software components under constraints such as cost and reliability. While not directly focused on test case generation, their work highlighted the versatility and applicability of search-based methods, including DE, in broader software testing contexts (Pietrantuono & Russo, 2018). Nguyen et al. (2016) investigated exploration-focused techniques to enhance SBST. They experimentally evaluated strategies designed to maximize behavioral diversity during test generation. Their findings emphasized the importance of balancing exploration and exploitation in SBST, a challenge where DE's adaptive mechanisms can offer advantages (Nguyen et al., 2016).

Despite these contributions, most prior studies have focused on either hybrid metaheuristic frameworks, specific test adequacy criteria such as data-flow coverage, or resource allocation problems in testing. Much prior work has also emphasized comparisons between DE and population-based evolutionary algorithms like GA or swarm-based approaches like PSO and ACO. This study differs from previous works in that it conducted an exploratory empirical evaluation focused on differential evolution (DE) as a test suite generation technique to maximize code coverage. Unlike prior studies emphasizing data flow or path coverage, this work addresses statement and branch coverage as primary metrics, which are fundamental and widely adopted in white-box testing.

Furthermore, this study compares DE against SA, a single-solution metaheuristic known for its conceptual simplicity and low computational complexity regarding operators and memory requirements. The choice of SA as a baseline is grounded in two key reasons. First, SA was one of the earliest metaheuristic algorithms applied to SBST, and it has historically served as a foundational method for automated test generation. Second, comparing DE to SA highlights the advantages of population-based strategies over

more straightforward, trajectory-based methods regarding exploration capabilities and solution quality. By contrasting DE with a more basic metaheuristic, this work clarifies the trade-offs between algorithmic complexity and performance, particularly regarding coverage achieved and the number of fitness function evaluations required.

Proposed approach

This section presents the approach employed to generate test suites using Differential Evolution (DE) for maximizing code coverage in the system under test (SUT). The methodology consists of four components: the problem definition, solution representation, fitness function, and the DE algorithm.

System Under Test (SUT)

The goal of this study is to generate test suites that maximize code coverage in a given SUT. The SUT, modeled as a decision logic function, determines which code branches are exercised based on input variables. The problem is formalized as an optimization task:

$$\text{decision\_logic}(x, y, z) = \begin{cases} \text{Branch A} & \text{if } x > 10 \wedge y < 5 \wedge z = 0 \\ \text{Branch B} & \text{if } x > 10 \wedge y < 5 \wedge z \neq 0 \\ \text{Branch C} & \text{if } x > 10 \wedge y \geq 5 \\ \text{Branch D} & \text{if } x > 10 \wedge y > 20 \\ \text{Branch E} & \text{if } x > 10 \wedge y \leq 5 \end{cases} \quad (2)$$

Optimization problem

Minimize:

$$f(\vec{x}) = - \left| \bigcup_{i=1}^N C(t_i) \right| \quad (3)$$

where: $\vec{x} = [t_1, t_2, \dots, t_N]$ represents a test suite composed of N test cases. $C(t_i)$ is the set of code branches covered by test case t_i . The objective is to maximize the number of unique branches covered by the test suite.

subject to: $x_i \in [0,30]; y_i \in [0,30]; z_i \in [0,5]$ for $i = 1, \dots, N$

Solution representation

Each candidate solution (individual) represents a test suite. A test suite consists of $N=5$ test cases. Each test case is composed of three input variables: x, y , and z . Therefore, each individual is represented as a real-valued vector of dimension $D = 15$.

Example representation

$$\text{Individual } \vec{X} = [x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, \dots, x_5, y_5, z_5]$$

Each x_i, y_i , and z_i are constrained within the ranges defined in the problem domain

$$x_i \in [0,30]; y_i \in [0,30]; z_i \in [0,5]$$

Fitness function

The fitness function evaluates the quality of a test suite based on the number of unique code branches covered when executing the SUT with the test cases in the suite.

Objective function

Maximize:

$$\text{coverage}(\vec{X}) = \left| \bigcup_{i=1}^N C(t_i) \right| \quad (3)$$

Differential evolution algorithm

The complete DE algorithm follows the standard DE/rand/1/bin strategy. The pseudocode for the implementation is shown in algorithm 1.

Algorithm 1: Differential evolution (DE/rand/1/bin)
1. Randomly generate an initial population of NP vectors $P_0 = \{X_{0,1}, \dots, X_{0,NP}\}$ 2. Evaluate the fitness of each individual in the initial population. 3. Repeat until the stop condition is met (maximum iterations or full coverage): • For each individual $i = 1, \dots, NP$: i. Randomly select $r1, r2, r4 \in \{1, \dots, NP\}$ with $r1 \neq r2 \neq r4 \neq i$ ii. Generate a mutant vector $V_i = X_{r1} + F(X_{r2} - X_{r3})$ iii. Apply binomial crossover to produce a trial vector U_i $U_{i,j} = \begin{cases} V_{i,j} & \text{if } rand_j \leq CR \text{ or } j = j_{rand} \\ X_{i,j} & \text{otherwise} \end{cases}$ iv. Evaluate U_i v. Apply selection $X_i = \begin{cases} U_i & \text{if } coverage(U_i) \geq coverage(X_i) \\ X_i & \text{otherwise} \end{cases}$ • Update the best-so-far solution and coverage. 4. Terminate when the maximum number of iterations is reached or when full coverage is obtained.

Implementation details

The algorithms and fitness functions were implemented in Python. The implementation included:

- A fitness function to measure the number of unique branches covered by the test suite.
- A System Under Test (SUT) modeled as a deterministic decision logic function with 8 branches.
- Custom implementations of DE and SA, utilizing vector operations and stochastic components.

-

The development relied on the following Python libraries:

- NumPy for vector and numerical operations.
- random for stochastic behaviors and seed control.
- Matplotlib for generating sensitivity analysis plots.
- time for internal execution measurements.

All experiments were conducted using reproducible random seeds and can be reproduced upon request.

Experimental design and results

This section presents the exploratory empirical study conducted to evaluate the performance of Differential Evolution (DE) as a technique for automated test suite generation aimed at maximizing code coverage. The experimental design is structured in two phases: i) Sensitivity Analysis of DE Parameters and ii) Comparative Analysis with Simulated Annealing (SA), which focuses on convergence speed and coverage effectiveness.

The cause for this experimental design is twofold. First, sensitivity analysis allows the identification of appropriate parameter settings for DE in the context of SBST. Understanding parameter sensitivity is essential for determining how parameter variations influence the algorithm's performance in this specific problem domain. Second, by comparing DE to Simulated Annealing (SA), a simpler single-solution metaheuristic and one of the first algorithms applied in SBST, it is possible to assess the relative advantages of DE in terms of convergence speed (evaluated by fitness function evaluations or FEs) and final coverage achieved.

Sensitivity analysis

The Differential Evolution (DE) algorithm parameters were selected based on systematic experimentation. Various configurations were tested by varying the parameters individually, and the combination that provided the best trade-off between exploration,

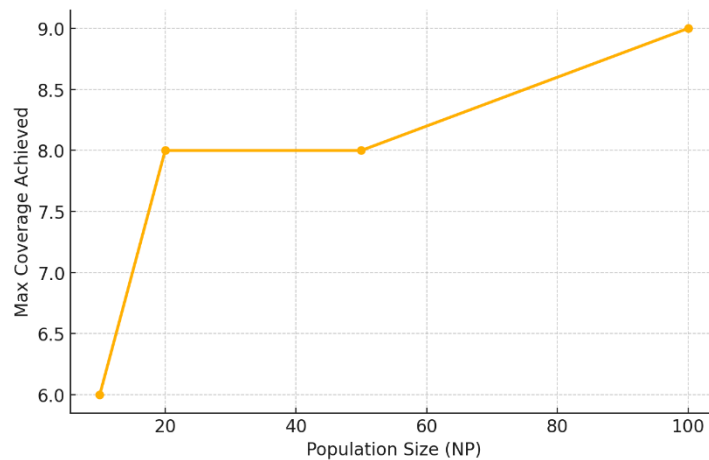
exploitation, and convergence speed was chosen. The selected parameters and their corresponding justifications are presented in table 1.

Table 1. Parameter settings for DE

Parameter	Value	Justification / impact
Population Size (NP)	20	A moderate population size balances exploration and computational cost. Larger populations improve diversity but increase evaluations.
Scaling Factor (F)	0.2	A low scaling factor limits the magnitude of mutation steps, promoting fine-tuned search and avoiding disruptive changes.
Crossover Probability (CR)	0.9	A high crossover probability encourages diversity by incorporating components from mutant vectors more frequently.
Maximum Iterations	100	Provides sufficient opportunity for convergence while maintaining reasonable computational time.
Dimensionality (D)	15	Corresponds to 5 test cases $\times$ 3 input variables. This defines the search space dimensionality for the test suite generation.

The systematic experimentation phase varied each parameter within typical ranges suggested in the literature (Storn & Price, 1997). To identify the most effective configuration for test suite generation and code coverage maximization, sensitivity analyses were conducted for key parameters, as shown in Figures 1 to 3.

Figure 1. Sensitivity analysis of population size (NP)



Increasing NP improved coverage up to a point, with decreasing returns observed beyond NP = 50. A value of NP = 20 was selected to balance diversity and computational cost (see Figure 1). Optimal performance was achieved with F=0.2, enabling fine-tuned adjustments without excessive randomness. Lower or higher values resulted in suboptimal coverage (see Figure 2).

A high crossover rate (CR=0.9) facilitated exploration, leading to better coverage compared to lower rates, while avoiding instability observed at CR=1.0 (see Figure 3).

Figure 2. Sensitivity analysis of scaling factor (F)

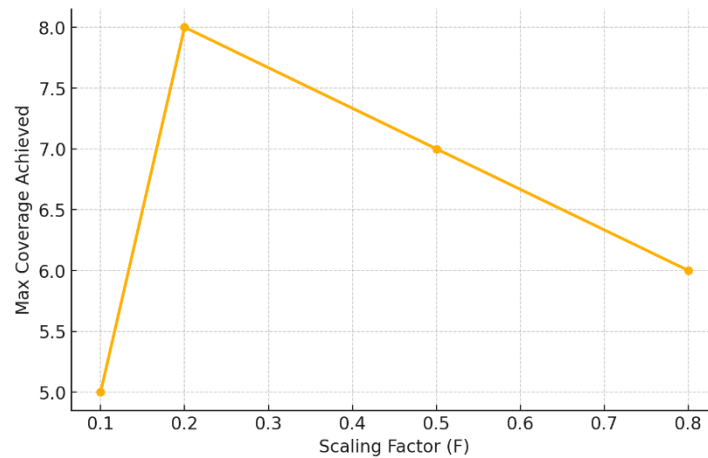
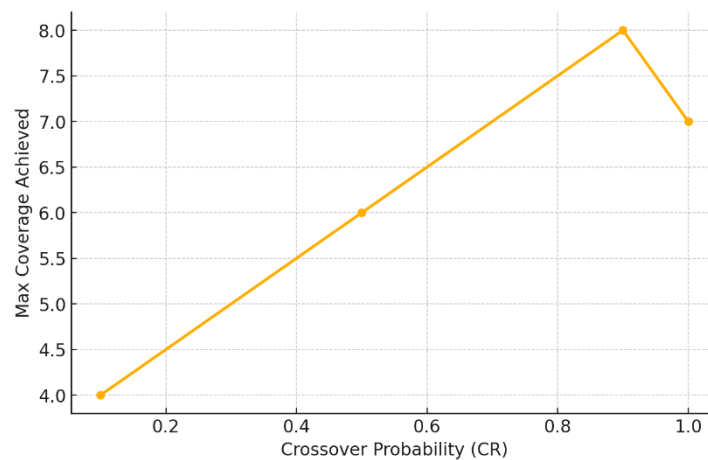


Figure 3. Sensitivity analysis of crossover probability (CR)



Convergence speed analysis

The second experiment assesses the convergence speed of DE in comparison to SA, focusing on the number of fitness function evaluations (FEs) required to achieve competitive or optimal solutions. FEs are a standard metric for evaluating algorithmic efficiency in optimization tasks, as they directly represent the computational cost associated with invoking the fitness function during the search process. One FE corresponds to a single invocation of the fitness function within the optimization loop. This metric is particularly relevant when comparing population-based and single-point metaheuristics, as population-based algorithms typically perform NP times more FEs per iteration than single-point techniques like SA.

This study executed DE and SA under equivalent stopping criteria, with a maximum of 100 iterations and the same evaluation limits. The objective was to analyze the

speed at which each algorithm converges toward optimal or near-optimal test suites, measured in terms of the number of FEs required.

To ensure the robustness and statistical validity of the results, 30 independent runs were performed for each algorithm. Each run was initialized with a distinct random seed to account for the algorithms' stochastic nature and reduce potential biases in the evaluation.

Table 2. Descriptive statistics for fitness function evaluations (FEs)

Criteria	DE	SA
Maximum	2020	1801
Minimum	80	324
Mean	664.83	1750.07
Median	300	1801
Mode	2020	1801
Standard Deviation	786.85	274.27

Table 2 demonstrates apparent differences in the convergence behavior of both algorithms. In 30 runs, DE always required fewer fitness function evaluations (FEs) to achieve competitive solutions than SA. Specifically, DE exhibited a mean of 664.83 FEs and a median of 300 FEs, indicating that, in most runs, it was able to converge toward optimal or near-optimal solutions well before reaching the maximum iteration limit. This is further supported by the minimum of 80 FEs, which reflects DE's ability to rapidly find high-quality solutions in favorable scenarios.

On the other hand, SA required more evaluations, with a mean of 1750.07 FEs and a median of 1801, corresponding to its maximum limit. The fact that SA's mode is also 1801 suggests that in most runs, the algorithm exhausted its evaluation budget without converging early, highlighting its slower convergence rate. The lower standard deviation (274.27) in SA FEs indicates more consistent but slower convergence behavior across runs.

On the other hand, DE showed more significant variability in the number of evaluations (standard deviation of 786.85) due to its adaptive search dynamics. It reflects a range of convergence speeds and demonstrates DE's potential to converge early, reducing computational cost when successful. This analysis shows that DE converges faster on average and demonstrates more flexibility in balancing exploration and exploitation, making it a more efficient option for test suite generation in this experimental context.

Coverage performance comparison

The final experiment evaluates the effectiveness of DE and SA in maximizing code coverage. The target problem considered in this study has a theoretical maximum

coverage of 8, which corresponds to the total number of distinct branches defined within the System Under Test (SUT). This upper bound was determined through structural analysis of the SUT's decision logic, where 8 unique decision branches were identified. Full coverage is achieved when all these branches are exercised by the generated test suite.

The descriptive statistics for code coverage obtained from 30 independent runs of each algorithm are summarized in Table 3.

Table 3. Descriptive statistics for code coverage

Criteria	DE	SA
Maximum	8	8
Minimum	7	2
Mean	7.76	6.07
Median	8	6
Mode	8	7
Standard Deviation	0.44	1.28
Optimal Coverage Achieved (8)	22 / 30 runs	1 / 30 runs

The results show that DE significantly outperforms SA in terms of coverage quality. DE achieved the optimal coverage in 22 out of 30 runs, representing 73.3% of the executions. On the other hand, SA reached the optimal coverage only once across all runs. This substantial difference highlights DE's superior capability to consistently generate test suites that exercise all available branches in the SUT.

Moreover, DE exhibits a higher average coverage (7.76) and a median of 8, which indicates that most of its runs achieved full coverage or came very close to it. The mode of 8 further confirms that full coverage was the most frequently observed outcome for DE. Its low standard deviation (0.44) suggests a high level of consistency in its performance across runs, with minimal variation in coverage.

Conversely, SA shows a lower mean coverage of 6.07, with a median of 6, implying that in at least half of its runs, it failed to cover two or more branches. Although SA managed to achieve a maximum coverage of 8 in one instance, its minimum coverage dropped to 2, underscoring its inability to consistently generate effective test suites. The standard deviation of 1.28 indicates greater variability in SA's performance, reflecting inconsistency in its capacity to explore the search space and maximize coverage.

The coverage analysis demonstrates that DE is more effective in achieving higher coverage, and more reliable and consistent across multiple independent runs. These findings reinforce the suitability of DE as a robust approach for maximizing code coverage in automated test suite generation.

Experimental setup

All experiments were executed on the following hardware:

- Processor: AMD Ryzen 7 5800H (8 cores, 16 threads)
- RAM: 8 GB DDR4
- Operating System: Windows 11
- Python Version: 3.12.4

Each independent run of DE and SA took approximately 5 to 15 seconds, depending on convergence speed. A whole batch of 30 runs per algorithm was completed in under 10 minutes, demonstrating the efficiency of DE for test suite generation in SBST contexts.

Discussion

The results obtained from the experiments provide clear evidence of DE advantages over SA in the context of SBST. The convergence speed analysis demonstrated that DE requires significantly fewer fitness function evaluations (FEs) to achieve competitive or optimal solutions. This suggests that DE can reduce computational costs by converging faster, even in scenarios involving complex search spaces and multiple test case parameters.

In addition to convergence speed, DE outperformed SA regarding code coverage. DE consistently achieved or approached the theoretical maximum coverage of the SUT, with minimal variation across multiple independent runs. This reliability is crucial in the automated generation of test suites, where consistency and high coverage are essential to ensure effective fault detection and verification of software behavior.

The sensitivity analysis provided valuable insights into the impact of DE control parameters on its performance. The results confirmed that parameter tuning is critical for balancing exploration and exploitation within the search process. Specifically, the selected combination of a low scaling factor ($F=0.2$) and a high crossover probability ($CR=0.9$) enabled DE to maintain a fine-grained search capability while ensuring sufficient diversity in the population.

By contrast, SA showed limited capacity to adapt its search trajectory, frequently exhausting its evaluation budget without achieving high coverage. While SA convergence behavior was more consistent regarding FEs, its overall effectiveness in maximizing code coverage was significantly lower than DE.

In summary, the empirical evidence supports the conclusion that DE is better suited than SA for automated test suite generation tasks to maximize code coverage. DE population-based search strategy, adaptability, and robustness make it a compelling choice for SBST applications.

Conclusions and future works

This study explored Differential Evolution (DE) as an automated test suite generation optimization within Search-Based Software Testing (SBST). The primary objective was to maximize code coverage in the System Under Test (SUT), and the experimental results provide solid evidence supporting DE's effectiveness in achieving this goal.

The experiments began with a sensitivity analysis to identify the optimal configuration of DE parameters. Through systematic experimentation, it was determined that a population size of 20, a scaling factor of 0.2, and a crossover probability of 0.9 provided a good balance between exploration and exploitation. These settings enabled DE to navigate the search space effectively and generate high-quality test suites.

Once configured, DE was compared to Simulated Annealing (SA), a classic single-solution metaheuristic historically applied in SBST tasks. The comparison focused on two critical aspects: convergence speed, measured by the number of fitness function evaluations (FEs), and the quality of the solutions, measured by the achieved code coverage.

The results demonstrated that DE consistently outperformed SA. Regarding convergence speed, DE required significantly fewer FEs to reach competitive or optimal solutions. In several cases, DE converged early, reducing the computational cost associated with the test suite generation process. On the other hand, SA frequently exhausted its evaluation budget without achieving high coverage, reflecting its slower convergence rate.

Regarding coverage quality, DE proved to be more effective and reliable. It reached the theoretical maximum coverage of the SUT in 73.3% of the runs and consistently produced test suites that covered nearly all available branches. In contrast, SA exhibited lower coverage on average, higher variability in its results, and a limited ability to explore the search space effectively.

Overall, this study's findings confirm that Differential Evolution is a robust and efficient approach for automated test suite generation aimed at maximizing code coverage. Its adaptability, convergence behavior, and consistent performance make it a suitable candidate for addressing optimization problems in SBST.

Future work will extend this approach to other coverage criteria, integrate DE with hybrid metaheuristics, explore dynamic parameter adaptation techniques, and conduct experiments on larger and more complex systems. Additionally, incorporating fault detection metrics as optimization objectives will be considered to enhance the evaluation of the generated test suites' effectiveness.

References

- Ammann, P., & Offutt, J. (2016). *Introduction to software testing*. Cambridge University Press.
- Feldt, R., & Poulding, S. (2015). Broadening the Search in Search-Based Software Testing: It Need Not Be Evolutionary. *IEEE/ACM 8th International Workshop on Search-Based Software Testing (SBST)*. <https://doi.org/10.1109/SBST.2015.8>
- Harman, M., Jia, Y., & Zhang, Y. (2015). Achievements, open problems, and challenges for search-based software testing. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 41(6), 544-566. <https://doi.org/10.1109/TSE.2014.2360629>
- Harman, M., & Jones, B. F. (2001). Search-based software engineering. *Information and Software Technology*, 43(14), 833-839.
- Harman, M., Mansouri, S. A., & Zhang, Y. (2001). Search-based software engineering: Trends, techniques and applications. *ACM Computing Surveys*, 45(1), 1-61.
- Hernández-Suárez, J. E., Jiménez-Jiménez, M. A., Domínguez-Isidro, S., & Ocharán-Hernández, J. O. (2024). Search-based software testing driven by bioinspired algorithms: A systematic literature mapping. In *2024 12th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)* (pp. 101–108). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CONISOFT63288.2024.00023>
- Kennedy, J., & Eberhart, R. C. (2001). *Swarm intelligence*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Myers, G. J., Sandler, C., & Badgett, T. (2011). *The art of software testing*. John Wiley & Sons.
- Nguyen, T. H., et al. (2016). Using Exploration Focused Techniques to Augment Search-Based Software Testing: An Experimental Evaluation. *IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)*. <https://doi.org/10.1109/ICST.2016.26>
- Panda, M., Dash, S., Nayyar, A., Bilal, M., & Mehmood, R. M. (2020). Test Suit Generation for Object Oriented Programs: A Hybrid Firefly and Differential Evolution Approach. *IEEE Access*, 8, 179167-179181. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3026911>
- Pietrantuono, R., & Russo, S. (2018). Search-Based Optimization for the Testing Resource Allocation Problem: Research Trends and Opportunities. *IEEE/ACM 11th International Workshop on Search-Based Software Testing (SBST)*. <https://doi.org/10.1145/3194718.3194721>
- Selenium. (2023). Selenium WebDriver documentation. Retrieved from <https://www.selenium.dev/documentation/>
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution – A simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of Global Optimization*, 11(4), 341–359. <https://doi.org/10.1023/A:1008202821328>
- Varshney, S., & Mehrotra, M. (2016). A Differential Evolution based Approach to Generate Test Data for Data-Flow Coverage. *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCCA.2016.7800000>

org/10.1109/ICCCA.2016.7813770

Zhu, H., Hall, P. A. V., & May, J. H. R. (1997). Software unit test coverage and adequacy. *ACM Computing Surveys*, 29(4), 366-427.



Más de cuarenta autores de universidades mexicanas y sudamericanas se reúnen en esta obra académica para reflexionar sobre los retos y oportunidades de nuestro tiempo. Organizado en cuatro secciones, el libro ofrece estudios que van desde el urbanismo y la ciudadanía global hasta la inteligencia artificial, el desarrollo de *software* y la ciencia de datos.

Con capítulos escritos en español y en inglés, la publicación trasciende fronteras lingüísticas y geográficas, fomentando el intercambio de ideas y la colaboración entre comunidades académicas de distintas latitudes. Cada apartado invita al diálogo interdisciplinario: metodologías y perspectivas sobre las ciudades contemporáneas, competencias y experiencias educativas en un mundo interconectado, estrategias para la planeación urbana sostenible y propuestas innovadoras en el ámbito tecnológico.

Esta obra es un testimonio del potencial de la investigación colaborativa y un recurso imprescindible para quienes buscan comprender y transformar las realidades globales desde múltiples enfoques y lenguajes.



ux.edu.mx |



ISBN: 978-607-8991-52-5



9 786078 991525