

R

E

V

I

S

T

A

INTEGRACIÓN

UNIVERSIDAD DE SONSONATE
Edición XIII, Núm. 13, 2025
ISSN 2309-4516

Universidad de Sonsonate



MISIÓN

Somos una institución de educación superior que a través del mejoramiento continuo de la docencia, investigación y proyección social, procuramos la excelencia académica y formamos profesionales competitivos comprometidos con la realidad nacional para contribuir al desarrollo humano sostenible de El Salvador.

VISIÓN

Ser una institución de educación superior reconocida por su excelencia académica y su contribución al desarrollo justo y equitativo de la sociedad salvadoreña.



Es una publicación científica multidisciplinaria de la Universidad de Sonsonate, editada bajo el sello USO Editores. Este sello garantiza el cumplimiento de los estándares de rigor académico y calidad editorial en todos sus procesos de dictaminación y publicación.



Para asegurar la correcta gestión de sus procesos editoriales, la adherencia a protocolos de metadatos y la interoperabilidad con bases de datos internacionales, la revista se publica mediante la plataforma Open Journal Systems (OJS).



Para garantizar su visibilidad e impacto internacional, la revista se encuentra incluida en CAMJOL (Central American Journals Online). Esta iniciativa de INASP promueve el acceso abierto (Open Access) a la producción científica de la región, facilitando su descubrimiento y citación a escala global.

Revista Científica Multidisciplinaria
Edición XIII
Núm. 13
Año, 2025
ISSN 2309-4516
<https://revistas.usonsonate.edu.sv/>

Mtra. Ana María de los Ángeles Rodríguez Salazar
Rectora

Dr. Francisco Carlo Arévalo Herrera
Vicerrector

Lic. Mauricio Alfredo Bernal Henríquez
Fiscal

Mtro. José Luis Zamora Díaz
Secretario General

Consejo Editorial

Equipo editorial

Mtra. Ana María de los Ángeles Rodríguez Salazar
Rectora

Dr. Francisco Carlo Arévalo Herrera
Vicerrector

Mtra. Glenda Yamileth Trejo Magaña
Directora de la Revista

Licda. Silvia Yolany López de Cruz
Decana de la Facultad de Ciencias Jurídicas:

Mtro. Fernando Juan José Rodríguez Salazar
Decano de la Facultad de Economía y Ciencias Sociales

Mtro. Carlos Roberto Martínez Martínez
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales

Glenda Yamileth Trejo Magaña
Directora

Correo: gtrejo@usonsonate.edu.sv
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0692-3485>

José Herver Gutiérrez Rosa
Diseño y diagramación
Correo: jose.gutierrez@usonsonate.edu.sv
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0557-796X>

Ivone Elizabeth Reyes Acosta
Gestora bibliotecaria
Correo: ivone.reyes@usonsonate.edu.sv
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3745-2715>

Soporte informático: Álvaro Hernán Zavala Ruballo
Correo: alvarohz@usonsonate.edu.sv
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0715-6596>



Revista Integración está protegida con licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Pedro Ticas
Doctor en Ciencias Políticas y Sociales
Investigador
Universidad Pedagógica de El Salvador
El Salvador
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5268-6660>

Dirección de Investigación y Proyección Social
Calle Ing. Jesús Adalberto Díaz Pineda y Avenida Central
Final Colonia 14 de Diciembre, Sonsonate, El Salvador C.A.

Armando Briñis Zambrano
Doctor en Ciencias Históricas
Universidad de La Habana
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4351-0388>

Carlos Viltre Calderón
Master en ciencias de la educación
Doctor en ciencias pedagógicas
Posdoctorado en investigación emergente
Presidente General del Centro Latinoamericano de
Estudios en Epistemología Pedagógica (CESPE)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4824-4330>

Saúl Angel Ventura
Maestro en metodología de la investigación científica
Gestor pedagógico
Candidato a Doctor en Educación
Departamental de educación de Sonsonate
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6696-0012>

Maynor Guillermo Reynado Rivas
Ingeniero Industrial
Jefe de investigación e innovación
Universidad Técnica Latinoamericana
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1886-1610>

Juan Carlos Lázaro Guillermo
Docente Investigador RENACYT UNIA Nivel IV
Candidato a Doctor en Medioambiente y Desarrollo
Sostenible
Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4785-9344>

Carta de editora en jefe

Es un honor presentar una nueva edición de la Revista Integración, publicación académica de la Universidad de Sonsonate que reafirma su compromiso con la investigación rigurosa, la reflexión crítica y la producción de conocimiento orientado al bien común. Cada número que ponemos a disposición de la comunidad científica y académica es resultado de un esfuerzo colectivo que articula experiencias de aula, investigación aplicada y diálogo interdisciplinario.

En esta edición convergen investigaciones que abordan desafíos contemporáneos desde perspectivas diversas, pero complementarias. Se incluyen trabajos que examinan la innovación tecnológica en contextos productivos sostenibles, evidenciando el potencial de los sistemas hidropónicos automatizados como alternativa para fortalecer la seguridad alimentaria y promover prácticas responsables con el entorno. Asimismo, se presentan reflexiones críticas sobre procesos pedagógicos basados en la interacción grupal y el aprendizaje colaborativo, fundamentales para fortalecer las capacidades comunicativas, el pensamiento crítico y la construcción colectiva de saberes en educación superior. Finalmente, se analizan fenómenos socioeconómicos y políticos que permiten comprender la complejidad de nuestras relaciones institucionales y regionales, aportando miradas necesarias para la toma de decisiones informadas en escenarios de transformación social.

Quisiera expresar mi reconocimiento y agradecimiento a las y los integrantes del Comité Científico por su labor en la revisión y evaluación de los artículos que conforman este número. Su criterio y compromiso ético garantizan la calidad académica de la revista. Extiendo también mi gratitud al equipo editorial y a quienes colaboran en las tareas de gestión, corrección, edición y difusión. Su dedicación hace posible que este espacio de interlocución académica se sostenga y consolide. Agradezco igualmente a las autoras y autores que confiaron en la Revista Integración para la divulgación de sus investigaciones, y a las lectoras y lectores que mantienen vivo el sentido público y social de la ciencia.

Invito a recorrer estas páginas con espíritu crítico, apertura y curiosidad; la investigación no solo nos permite interpretar el mundo, sino también imaginar y construir horizontes más justos, dignos y humanamente sostenibles.

Glenda Yamileth Trejo-Magaña
Editora en Jefa, Revista Integración
Universidad de Sonsonate
Correo: gtrejo@usonsonate.edu.sv
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0692-3485>

Implementación del Sistema Recirculatorio Automatizado para la Evaluación de la Producción de Lechuga (Lactuca sativa L.) Hidropónica Tipo Batavia

Implementation of an Automated Recirculation System for Evaluating the Production of Batavia-Type Hydroponic Lettuce (Lactuca sativa L.)

Álvaro Nehemías López Ponce 9 - 16

Reflexión sobre la Aplicación de la Dinámica de Grupos, «T-group»: Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Superior

Reflection on the Application of Group Dynamics, “T-group”: Teaching Natural Sciences in Higher Education

Guillermo Díaz Crespín, Bessy Evelyn Gálvez Cardoza

Carlos Ernesto Acosta García 17 - 28

Desarrollo de software accesible SIEL para la inclusión educativa y laboral de personas sin miembros superiores

Development of Accessible Software for the Educational and Occupational Inclusion of People without Upper Limbs

Ademir Bermúdez Aguilar 29 - 37

Compliance electoral como base para fortalecer el sistema democrático en El Salvador

Electoral Compliance as a Foundation for Strengthening the Democratic System in El Salvador

Ruth Eleonora López Alfaro 38 - 50

La dinámica comercial México-El Salvador desde la visión de la economía política smithiana de las ventajas absolutas en el actual contexto regional mesoamericano

The Mexico-El Salvador Trade Dynamics from the Perspective of Smithian Political Economy of Absolute Advantages in the Current Mesoamerican Regional Context

Ricardo Martínez Martínez 51 - 62

Desarrollo de competencias socioemocionales para prevención de riesgos psicosociales en jóvenes: impacto en la salud mental y el bienestar emocional Development of socio-emotional competencies for the prevention of psychosocial risks in young people: impact on mental health and emotional well-being	Xiomara Beatriz Alfaro Rivera	63 - 70
Integración de modelos de negocios digitales en la gestión de empresas en la zona Occidental de El Salvador Jaime Ernesto Rivera Quintanilla	71 - 79	
Diseño y construcción de un sistema de automatización para la mejora del proceso de germinación en siembra indirecta basado en agricultura vertical Rodrigo Alejandro Centeno Flores	80 - 90	

Implementación del Sistema Recirculatorio Automatizado para la Evaluación de la Producción de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) Hidropónica Tipo Batavia

Implementation of an Automated Recirculation System for Evaluating the Production of Batavia-Type Hydroponic Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Álvaro Nehemías López Ponce

Universidad de Sonsonate

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8225-3673>

alvaro.lopez@usonsonate.edu.sv

Enviado: 07 de marzo del 2025

Aceptado: 27 de agosto del 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

La presente investigación evalúa la eficiencia de un sistema de recirculación automatizado para la producción de lechuga hidropónica, realizado en el Centro de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Medioambiente (CITAM), cuyo objetivo principal es evaluar la influencia de este sistema en el crecimiento, calidad y la sostenibilidad del cultivo de lechuga hidropónica, controlando variables como: temperatura, pH y conductividad eléctrica para optimizar el crecimiento. Se realizaron cinco repeticiones del cultivo, monitoreando variables de crecimiento, incluyendo el tamaño, peso, largo de las raíces y el diámetro de la roseta. Los resultados mostraron un crecimiento satisfactorio con lechugas de buena calidad con el sistema implementado, obteniendo un tamaño, peso y diámetro de la roseta adecuado, con un desarrollo radicular considerable, lo que indica que el sistema proporcionó las condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo, demostrando la eficiencia en el uso de agua y nutrientes, lo que contribuye a la sostenibilidad. El estudio concluye que los sistemas de recirculación automatizados representan una alternativa prometedora para avanzar hacia una agricultura sostenible con el tiempo.

Palabras clave

Agricultura sostenible, hidroponía, sistemas recirculatorios, automatización, nutrición vegetal.

Abstract

This research evaluates the efficiency of an automated recirculating system for hydroponic lettuce production, carried out at the Center for Agri-Food and Environmental Research and Transfer (CITAM). Its main objective is to evaluate the influence of this system on the growth, quality, and sustainability of hydroponic lettuce crops, controlling variables such as temperature, pH, and electrical conductivity to optimize growth. Five repetitions of the crop were carried out, monitoring growth variables, including size, weight, root length, and rosette diameter. The results showed satisfactory growth with good quality lettuces with the implemented system, obtaining adequate size, weight, and rosette diameter, with considerable root development. This indicates that the system provided the necessary conditions for crop development, demonstrating efficient use of water and nutrients, which contributes to sustainability.

The study concludes that automated recirculating systems represent a promising alternative for moving toward sustainable agriculture over time

Keywords:

Sustainable agriculture, hydroponics, recirculating systems, automation, plant nutrition.

Introducción

La creciente población mundial y la demanda de alimentos frescos de alta calidad han impulsado la búsqueda de sistemas de producción agrícola más eficientes y sostenibles (Rojano, 2004). En este contexto, la hidroponía se ha posicionado como una alternativa prometedora, permitiendo un mayor control sobre las condiciones de cultivo, un uso más eficiente del agua y los nutrientes (Leiva Espinoza et al., 2019), y una reducción del impacto ambiental en comparación con los sistemas de cultivo tradicionales en suelo. (Juárez Olmos et al., 2024), destacar el potencial de la hidroponía como fuente de alimentación para complementar la canasta básica, especialmente en áreas con limitaciones de tierra cultivable o recursos hídricos. Además, los sistemas hidropónicos se catalogan como sistemas agrícolas rentables, ofreciendo diversos beneficios económicos a los productores (Pertierra Lazo y Quispe Gonzabay, 2020; Álvarez Díaz, 2024) encontraron que los sistemas hidropónicos pueden ser rentables y ofrecer beneficios económicos a los productores.

Dentro las ventajas que los diferentes sistemas hidropónicos ofrecen, sobresalen como alternativa agrícola en áreas urbanas, donde, la implementación del sistema recirculatorio se distingue por beneficios significativos en términos de sostenibilidad (Albuja et al., 2021), y eficiencia en el uso de recursos, convirtiéndose en una opción atractiva para la producción de alimentos, ya sea, en grande o pequeña escala (Sandoya et al., 2022). La recirculación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes, ya que las plantas no absorben todos los nutrientes en un solo paso, lo que minimiza las pérdidas y el impacto ambiental asociado a la lixiviación de nutrientes.

La automatización de los sistemas de recirculación representa un avance significativo en la hidroponía, ya que permite un control preciso y continuo de las

variables clave del cultivo, como la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva (Urdiales Ponce y Espín Ortega, 2018). Estos sistemas ofrecen ventajas en términos de eficiencia, productividad y sostenibilidad, al optimizar el uso de recursos y minimizar la intervención humana, dinamizar las condiciones del cultivo en respuesta a las necesidades de las plantas, influyendo en el crecimiento y calidad del producto (Rojano et al., 2004), la producción agrícola controlada, incluyendo la hidroponía, se beneficia de la automatización al permitir un control preciso de las variables ambientales, monitoreando las condiciones del cultivo (Mateus Contreras et al., 2021), en conjunto a los parámetros nutricionales, lo que resulta en una mayor productividad y calidad de los cultivos (Zambrano Cortés y Behrentz Pfalz, 2014).

La presente investigación se enfoca en la producción de lechuga hidropónica (*Lactuca sativa L.*), con el objetivo de evaluar la eficiencia en términos de crecimiento, calidad del producto y sostenibilidad. Se analizó la influencia de la automatización en la estabilidad de las condiciones de cultivo y contrastar el efecto del sistema en diferentes variables de crecimiento, como el tamaño, el peso, largo de las raíces y el diámetro de la roseta de la lechuga.

Para llevar a cabo la investigación, se utilizó un sistema de recirculación automatizado que controló la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, mediante un pH-metro y un medidor TDS. Se realizaron cinco repeticiones del cultivo, monitoreando las variables de crecimiento y las fluctuaciones en los parámetros fisicoquímicos de la solución nutritiva a lo largo del ciclo de cultivo.

El estudio se centró en la lechuga, una hortaliza de hoja de gran importancia económica y nutricional, que se adapta bien a los sistemas hidropónicos; considerando que, es un cultivo de ciclo corto, lo que permite obtener resultados en un tiempo relativamente breve. Además, es un cultivo sensible a las variaciones en las condiciones ambientales, por lo que es un buen modelo para evaluar la eficiencia de los sistemas de recirculación automatizados en el control de las variables de cultivo. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a un mejor entendimiento de las ventajas y desafíos de los sistemas de recirculación automatizados para la producción de lechuga y otras hortalizas de hoja.

Esta información puede ser útil para tomadores de decisiones, agricultores e investigadores en el desarrollo de estrategias para una agricultura sostenible y eficiente.

Metodología

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Medioambiente (CITAM), perteneciente a la Universidad de Sonsonate, ubicado en el cantón San José La Majada, jurisdicción del municipio de Juayúa, departamento de Sonsonate. Geográficamente se encuentra en las coordenadas 13°50'14" latitud norte y 89°42'45" longitud oeste (Google Earth, 2024). Se distingue por un clima templado de montaña, con una temperatura promedio anual que oscila entre los 18°C y 25°C, y una humedad relativa anual promedio del 75%, alcanzando un máximo del 90% durante agosto y septiembre. Su altitud, que varía entre los 1,000 y 1,500 metros sobre el nivel del mar, contribuye a mantener un ambiente fresco. Las precipitaciones distribuidas a lo largo del año, alcanzan un promedio de 1,800 mm, con una temporada lluviosa marcada entre mayo y octubre. Estas condiciones climáticas, junto con los suelos volcánicos fértils y ricos en nutrientes, así como la abundancia de recursos hídricos, crean un entorno ideal para diversos cultivos. (Alcaldía Municipal de Juayúa, 2013, pp. 6-9).

El diseño consistió en comparar el crecimiento de lechuga tipo Batavia bajo un sistema hidropónico recirculatorio automatizado; con el objetivo de evaluar las diferencias en rendimiento y robustez de los resultados obtenidos, para ello, se establecieron cinco repeticiones del cultivo en el sistema hidropónico recirculatorio. Las variables de respuesta analizadas fueron peso fresco promedio, largo de raíces promedio, tamaño de las lechugas promedio y diámetro de la roseta promedio.

El sistema hidropónico recirculatorio, que se implementó en una estructura piramidal (figura 1) y posteriormente a una estructura horizontal (figura 2), fue diseñado para mantener una solución nutritiva en circulación constante mediante una bomba de 700 GPH a 120 V, que aseguró una distribución homogénea de nutrientes y oxígeno a las raíces, evitando la sedimentación y formación de algas.

La bomba fue controlada mediante un temporizador digital de 600 WT 5 AMP, programado para operar ciclos de 40 minutos de encendido y 20 minutos de reposo durante un rango de 12 horas diarias, adaptándose a las

condiciones ambientales del experimento. Para garantizar el correcto manejo de la solución nutritiva, se utilizó un medidor TDS para evaluar la conductividad eléctrica y ajustar la concentración de nutrientes en partes por millón (ppm), y un pHmetro para monitorear y ajustar los niveles de acidez o alcalinidad, asegurando un rango óptimo para el desarrollo del cultivo.

Figura 1.

Diagrama del proceso de recirculación en la estructura piramidal

DIAGRAMA DE PROCESO DE RECIRCULACIÓN ESTRUCTURA PIRAMIDAL

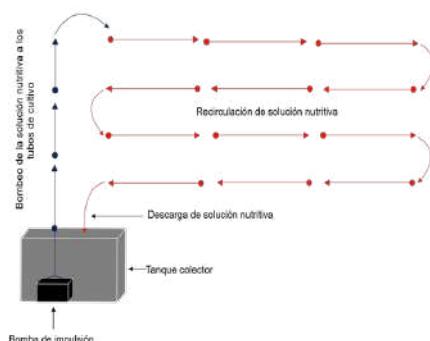
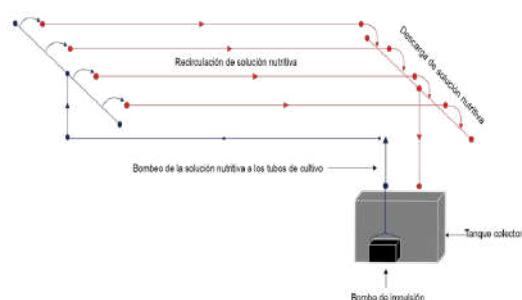


Figura 2.

Diagrama del proceso de recirculación en la estructura horizontal

DIAGRAMA DE PROCESO DE RECIRCULACIÓN ESTRUCTURA HORIZONTAL



El análisis estadístico se realizó en el software JASP, comparando las medias de las variables de respuesta para determinar si las diferencias observadas eran significativas. Este enfoque permitió identificar la influencia del sistema hidropónico recirculatorio en el crecimiento de las plantas, generando así resultados confiables y aplicables para la producción agrícola automatizada.

Resultados

En el cultivo de lechuga hidropónica, la monitorización constante de pH, conductividad eléctrica (CE) y la temperatura de la solución nutritiva (tabla 1), es crucial para asegurar el crecimiento óptimo y obtener excelentes resultados en el experimento. Un pH equilibrado facilita la absorción de nutrientes esenciales, mientras que la CE ofrece información sobre la concentración total de sales disueltas; teniendo control de la temperatura es de gran importancia, ya que, influye directamente en la solubilidad del oxígeno en la solución nutritiva.

Estas mediciones permiten mantener un control preciso sobre las condiciones del entorno radicular, asegurando que las plantas tengan acceso a los nutrientes necesarios en las cantidades adecuadas.

Tabla 1.

Parámetros fisicoquímicos promedio de la solución nutritiva

Repeticiones	CE (ppm)	Temperatura	pH
1	255,4	22,1	5,6
2	348,8	21,7	5,6
3	749,4	21,7	5,7
4	770	20,7	6,0
5	949,5	20,25	5,9

La automatización del sistema y el control preciso de factores como la iluminación (Martínez & Garbi, 2015) y nutrición (Carbone, 2015), fueron factores determinantes en el desarrollo del experimento. Los datos promedios recopilados (tabla 2) respaldan la importancia de la implementación de la tecnología en la agricultura moderna para optimizar la producción.

Tabla 2.

Medidas biométricas de la lechuga en función del sistema de cultivo

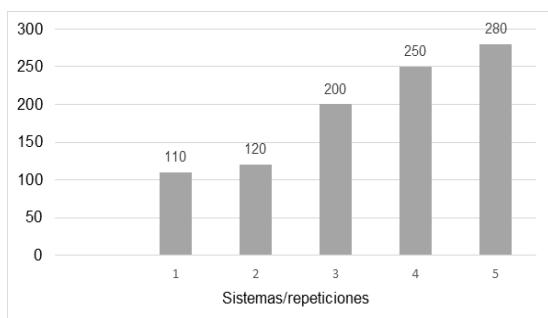
Repeticiones/ Sistemas	Peso fresco promedio (g)	Largo de raíces promedio (cm)	Tamaño de lechuga promedio (cm)	Diámetro de roseta promedio (cm)
1	110	10	20	15
2	120	10	20	17
3	200	10	25	20
4	250	15	30	25
5	280	20	30	25

Peso fresco promedio (g)

El análisis del peso fresco promedio reveló diferencias significativas entre las muestras estudiadas. Se observó una clara tendencia ascendente en el promedio del peso fresco a medida que se optimizaron las condiciones y manejos del experimento; donde la aplicación de un manejo integrado del cultivo influyó directamente en el peso. El rango de peso fresco promedio registrado fue notable, con un valor máximo de 280 g y un mínimo de 110 g (figura 3).

Figura 3.

Peso fresco promedio (g)

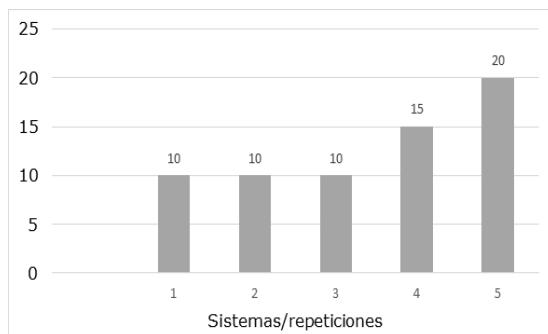


Largo de raíces promedio (cm)

El análisis de los datos reveló que no se obtuvieron resultados significativos en el largo de las raíces. Sin embargo, se observaron diferencias entre los tratamientos. Estas diferencias se manifestaron a medida que se extendía el horario de recirculación de la solución nutritiva y se incrementó el control sobre los parámetros fisicoquímicos de la misma, obteniendo resultados, donde el largo promedio mínimo registrado fue de 10 cm y máximo de 20 cm (figura 4). Si bien el largo de las raíces no mostró una respuesta significativa, la variación observada entre los tratamientos demostró que el manejo de la solución nutritiva, específicamente la duración de la recirculación y el control de sus propiedades fisicoquímicas influyó en el desarrollo radicular.

Figura 4.

Largo de raíces promedio (cm)

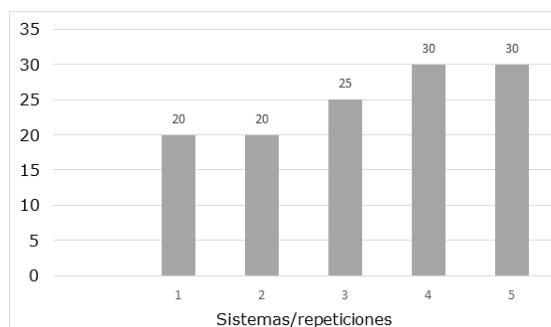


Tamaño de lechuga promedio (cm)

La investigación demostró resultados significativos en el tamaño de la lechuga. Esto indica que los manejos y los equipos implementados a lo largo del desarrollo del experimento influyeron en el tamaño que alcanzan las lechugas. Como resultado de las estrategias implementadas, se obtuvo una mayor uniformidad en el cultivo y se minimizó el porcentaje de pérdidas, obteniendo resultados, donde el tamaño promedio mínimo registrado fue de 20 cm y máximo de 30 cm (figura 5). Estos hallazgos sugieren que la aplicación de prácticas de manejo adecuadas y el uso de equipos eficientes pueden contribuir significativamente a la optimización del cultivo de lechuga.

Figura 5.

Tamaño de lechuga promedio (cm)



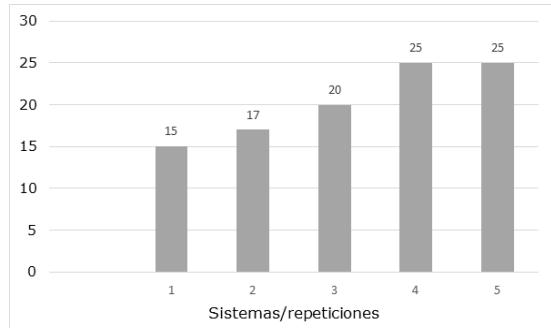
Diámetro de la roseta promedio (cm)

El estudio reportó resultados significativos en cuanto al diámetro de la roseta. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los sistemas desarrollados para su medición. El promedio mínimo registrado fue de 15 cm, mientras que el promedio máximo alcanzó los 25 cm (figura 6).

Esta variabilidad en el diámetro de la roseta promedio se atribuye a la implementación de equipos de alta eficiencia y a las condiciones óptimas en las que se llevó a cabo el experimento. El estudio destaca la importancia de la precisión en los instrumentos de medición y el control de variables para obtener resultados confiables en la determinación del diámetro de la roseta.

Figura 6.

Diámetro de roseta promedio (cm)



Discusión

Los resultados de esta investigación sugieren que el sistema de recirculación automatizado mantiene una relativa estabilidad de las condiciones de cultivo a lo largo del tiempo, a pesar de las fluctuaciones en la temperatura, pH (Alzate Rodríguez et al., 2012) y conductividad eléctrica (López et al., 2022) de la solución nutritiva, como se muestra en la tabla 1. Mantener esta estabilidad es fundamental en sistemas de recirculación, ya que, como señalan García- Terrazas et al. (2021), las fluctuaciones en estos parámetros pueden afectar la absorción de nutrientes, el crecimiento y el rendimiento de las plantas.

El control automatizado permite minimizar estas fluctuaciones y optimizar las condiciones de cultivo para lograr una producción consistente y de alta calidad, así como Urdiales Ponce y Espín Ortega (2018) reportaron resultados positivos en el cultivo de lechuga en un sistema hidropónico NFT con monitoreos y controles de variables ambientales, lo que les permitió mantener condiciones favorables para el desarrollo de las plantas y obtener resultados positivos en el cultivo.

Esto indica que la recirculación de la solución nutritiva y un buen control de las condiciones ambientales proporcionó las condiciones necesarias para el crecimiento óptimo de las plantas, como una adecuada oxigenación de las raíces y un suministro constante de nutrientes.

El peso fresco de las lechugas en promedio, mostró variación entre repeticiones, oscilando entre 110 g y 280 g (Figura 3), lo que evidencia la influencia de diversos factores en el rendimiento (Tabla 1); esta variabilidad subraya la importancia de considerar el sistema de cultivo como las condiciones nutricionales, tal como lo señalan Góis et al. (2024), quienes reportaron que el peso total se ve afectado por las interacciones entre el sistema hidropónico y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, también Herrera et al. (2023) confirma que la optimización de la aireación y el control del estrés son factores importantes para lograr un mayor peso fresco.

El largo de las raíces fue la variable que mostró menor variación entre repeticiones, con valores entre 10 cm y 20 cm en promedio. Esto indica que el sistema recirculatorio proporcionó un ambiente radicular favorable y relativamente estable, como se muestra en la tabla 2, lo cual es fundamental para el desarrollo óptimo de

la lechuga, Moreno-Pérez et al. (2015) señala que el crecimiento radicular es un indicador importante de lasalud de las plantas en sistemas hidropónicos, y un sistema radicular bien desarrollado es esencial para la absorción eficiente de agua y nutrientes, lo que a su vez se traduce en un mejor crecimiento y rendimiento del cultivo, dichos hallazgos concuerdan con Auquilla, A. P. G. et al. (2021), quienes también reportaron que el uso de sistemas de recirculación de la solución nutritiva en el cultivo de lechuga promueve un mayor desarrollo radicular.

Villa Ramírez et al. (2018) reportaron tamaños promedios de lechugas en su sistema hidropónico, oscilando entre 20 cm a 30 cm. Este rango de tamaño, similar al observado en el estudio (Figura 5), evidencia una tendencia común en el desarrollo de la lechuga bajo condiciones hidropónicas. La variación en el tamaño de la lechuga, indica una respuesta del crecimiento a los manejos implementados, donde la tendencia al aumento a lo largo del experimento, se atribuye a las condiciones proporcionadas por el sistema de recirculación, lo cual es consistente con los hallazgos de Ramos et al. (2021), quienes destacaron la influencia positiva de los sistemas de recirculación en las variables agronómicas, incluido el tamaño.

En relación con el diámetro de la roseta, se presentaron variaciones con valores entre 15 cm y 25 cm en promedio, influenciado por la disponibilidad de nutrientes y la intensidad lumínica, coincidiendo con Herrera et al. (2023) quienes obtuvieron resultados similares en su estudio sobre la producción de lechuga, de forma similar, Ayala Apaza et al. (2019) reportaron resultados comparables en términos del rango de diámetro de la roseta obtenido en cultivos hidropónicos de lechuga, lo que refuerza la conexión entre la nutrición y esta característica morfológica."

El tiempo de cosecha varió entre 30 y 35 días. Esta variabilidad está relacionada con las fluctuaciones en la temperatura de la solución nutritiva, que a su vez influyen en la tasa de crecimiento de las plantas; en este caso, Juárez-Rosete, C.R. et al (2022) encontraron que la temperatura de la solución nutritiva influyó significativamente en la tasa de crecimiento y el tiempo de cosecha de la lechuga cultivada. Como se observa en los datos de la tabla 1 (R4 y R5), las repeticiones con mayor tiempo de cosecha coincidieron con periodos de temperatura más baja.

En conclusión, los resultados de este estudio demostraron la eficiencia de un sistema de recirculación para la producción de lechuga hidropónica, los hallazgos indican que este sistema permite obtener un desarrollo radicular considerable, crecimiento satisfactorio, y por consiguiente obtener lechugas de buena calidad. Las condiciones ambientales juegan un papel importante en el desarrollo y adaptabilidad del cultivo, ya que, con temperaturas de 20°C en promedio y la humedad relativa estable, la plántula no sufre estrés post trasplante, lo que favorece a que el porcentaje de pérdida sea menor. La automatización del sistema contribuyó a mantener la estabilidad de las condiciones de cultivo, a pesar de las fluctuaciones en la temperatura, el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva. El sistema demostró ser eficiente en el uso de agua y nutrientes, lo que respalda su sostenibilidad y su potencial para optimizar la producción de lechuga en diferentes contextos.

Referencias

- Albuja, V., Andrade, J., Lucano, C., & Rodriguez, M. (2021). Comparison of the advantages of hydroponic systems as agricultural alternatives in urban areas. *Minerva*, 2(4), 45-54. <https://doi.org/10.47460/minerva.v2i4.26>
- Alcaldía Municipal de Juayúa. (2013). Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres. Proyecto de Fortalecimiento de los Gobiernos Locales (PFGL).
- Álzate Rodríguez, E. J., Montes Ocampo, J. W., & Escobar Escobar, R. M. (2012). Acondicionamiento del sensor de pH y temperatura para realizar titulaciones potenciométricas. *Scientia Et Technica*, XVII (51), 188-196.
- Álvarez Díaz, L. J. (2024). Producción de lechuga por el método hidropónico: evaluación económica y perspectivas. Año 2023. *Ciencias Económicas* ISSN-2788-6425, 5(9), 33-44.
- Auquilla, A. P. G., Carrillo, K. P. R., Castañeda, E. P. S., & Arrieta, M. A. V. (2024). Estrategias de cultivo: comparativa de tipologías de lechuga en sistemas hidropónicos. *CONCIEN CIADIGITAL*, 7(3.1), 68-82. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.1.3141>
- Carbone, A. (2015). Nutrición mineral. En J. Beltrano & D. O. Gimenez (Coords.), *Cultivo en hidroponía* (pp. 63-69). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/46752>
- García-Terrazas, M. I., Santillán-Carrillo, I. E., Holguín-Mina, R., & Sariñana-Aldaco, O. (2022). Impacto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en la biomasa, pigmentos fotosintéticos y compuestos nitrogenados en lechuga. *Biotechnia*, 24(3), 115-122. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v24i3.1687>
- Google Earth. (2024). Ubicación del Centro de Investigación y Transferencia Agroalimentaria y Medioambiente (CITAM) [Imagen de satélite]. Recuperado el 2 de mayo de 2024, de <https://earth.google.com/web/@13.8372261,-89.712697,1988.28440921,2.81820680511d,35y,0h,0tOr/data=CocBGIkSUwoIMHg4Z>
- Herrera, A. L., de la Rosa Rodríguez, R., & Téllez, L. I. T. (2023). Producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva. *BIOAGRO*, 35(2), 113-122. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro352.4>
- Juárez-Rosete, C. R., Bugarín-Montoya, R., Alejo-Santiago, G., Aguilar-Castillo, J. A., Peña-Sandoval, G. R., Palemón-Alberto, F., & Aburto-González, C. A. (2022). Concentración de nitratos en lechuga (*Lactuca sativa* L.) En un sistema de raíz flotante. *INTERCIENCIA*, 47(6), 225-231. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33971864004>
- Juárez Olmos, C., Lara Castro, M., Rivera Landa, J., & Bonilla Hernández, A. C. (2024). Desarrollo de un sistema hidropónico como fuente de alimentación para complementar la canasta básica. *Interconectando Saberes*, (17), 1-7. <https://doi.org/10.25009/is.v0i1.2832>
- Leiva Espinoza, S. T., Román Peña, A., Vilca Valqui, N. C., & Neri Chávez, J. C. (2019). Comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT recirculante (Chachapoyas – Amazonas). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(1), 38-44.

- López, S., Vera, J., Gunzha, F., Freire, E., & Pujos, M. (2022). Automatización del control de nutrientes en hidroponía mediante el uso de un sistema. *Polo del Conocimiento*, (Edición núm. 70) Vol. 7, No 7, 814-826. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.23857/pc.v7i7>
- Mateus Contreras, D., Montenegro Gutiérrez, C. C., Romero Moreno, L. M., & Méndez Pallares, B. (2021). Automatización de un cultivo hidropónico. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 2(38), 54–59. <https://doi.org/10.24054/rcta.v2i38.1307>
- Martínez, S., & Garbi, M. (2015). Modificación artificial del ambiente: cultivos protegidos. En J. Beltrano & D. O. Gimenez (Coords.), *Cultivo en hidroponía* (p. 143). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/46752>
- Moreno-Pérez, E. D. C., Sánchez-Del Castillo, F., Gutiérrez-Tlaque, J., González-Molina, L., & Pineda-Pineda, J. (2015). Greenhouse lettuce production with and without nutrient solution recycling. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, XXI (1), 43-55. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60937765004>
- Pertierra Lazo, R., & Quispe Gonzabay, J. (2020). Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 31(1), 118-130. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.09>
- Ramos, L. M., Ortiz, J. E., & Ruiz Erazo, H. (2021). Evaluación de variables agronómicas en cultivo de lechuga con sistema de recirculación. *Suelos Ecuatoriales*, 51(1 y 2), 37–44. [https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.47864/SE\(51\)2021p37-44_133](https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.47864/SE(51)2021p37-44_133)
- Rojano A., A., Salazar M., R., & Llamas G., Á. (2004). Producción agrícola controlada. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(2), 0. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93213203>
- Sandoya, G. V., Bosques, J., & Vassilaros, E. V. (2022). La Producción de Lechuga en Sistemas Hidropónicos a Pequeña Escala (HS1422s). *UF/IFAS Extension, University of Florida*. <https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.32473/edis-HS1433-2022>
- Urdiales Ponce, V., & Espín Ortega, J. (2018). Monitoreo de un sistema hidropónico NFT a escala usando arquitectura ARDUINO (parte 1). *Tecnología en marcha*, 31(2), 147-158. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i2.3632>
- Villa Ramírez, G. A., Giraldo Valencia, B., Orrego Cardona, M. L., Díaz López, L. M., Jaramillo Álvarez, B. E., & García Hinestrosa, H. E. (2018). Evaluación comparativa de lechuga (*Lactuca sativa L.*) "Verónica" bajo condiciones controladas en dos métodos de producción. *Encuentro SENNOVA Del Oriente Antioqueño*, 4(1), 36–46. Recuperado a partir de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/2055>
- Zambrano Cortés, N. H., & Behrentz Pfalz, M. C. (2014). Automation through variable control of a hydroponic cultivation operation. *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales*, 1(1), 44–54. <https://doi.org/10.23850/24220582.114>

Reflexión sobre la Aplicación de la Dinámica de Grupos, «T-group»: Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Superior

Reflection on the Application of Group Dynamics, “T-group”: Teaching Natural Sciences in Higher Education

Guillermo Díaz Crespín

Universidad de El Salvador

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8169-5403>

guillermo.diaz@ues.edu.sv

Carlos Ernesto Acosta García

Universidad de El Salvador

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9748-2748>

carlos.acosta@ues.edu.sv

Bessy Evelyn Gálvez Cardoza

Universidad de El Salvador

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2688-791X>

bessy.galvez@ues.edu.sv

Enviado: 15 de febrero de 2025

Aceptado: 28 de julio de 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

El presente trabajo reflexiona sobre la aplicación de la dinámica de grupos en la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente en química, utilizando la técnica de «Training group» (T-group). En el artículo se desarrolla un análisis de teorías pedagógicas, desde la educación tradicional hasta enfoques progresistas, también se discuten las limitaciones de los métodos educativos convencionales y la necesidad de integrar dinámicas grupales. Por otro lado, se destacan las contribuciones de autores como Kurt Lewin y Antón Makárenko en la conceptualización y práctica de esta metodología. El objetivo es proponer un modelo adaptado para el aprendizaje en química a nivel universitario, diseñado para mejorar la comunicación, el trabajo en equipo y la autoconciencia entre estudiantes.

Palabras clave:

Ciencias naturales, dinámica de grupo, enseñanza, Química, T-group.

Abstract

This paper reflects on the application of group dynamics in the teaching of natural sciences, specifically chemistry, using the «Training group» (T-Group) technique. The article presents an analysis of pedagogical theories, ranging from traditional education to progressive approaches, and discusses the limitations of conventional teaching methods alongside the need to integrate group dynamics. Additionally, it highlights the contributions of authors such as Kurt Lewin and Antón Makárenko in the conceptualization and practice of this methodology. The aim is to propose an adapted model for learning general chemistry at the university level, designed to enhance communication, teamwork, and self-awareness among students.

Keywords:

Chemistry, group dynamics, natural sciences, teaching, training group.

Introducción

La dinámica de grupo es un proceso de interacción entre los miembros de una agrupación, donde se establece una serie de relaciones basadas en la interdependencia y la influencia mutua (Lewin, 2013). Este proceso tiene como objetivo lograr un propósito común o resolver un problema colectivo, se caracteriza por la participación de todos los miembros, quienes comparten ideas, emociones y roles dentro del grupo para alcanzar metas específicas. Las dinámicas de grupo pueden darse en varios contextos, como entornos laborales, sociales o educativos (Andreola, 1984; Sánchez, 2003). Esto nos lleva a preguntarnos, ¿Qué es educar?, si visualizamos la educación como la construcción de un puente, se deberían seguir algunos pasos:

- 1. Preparación del terreno:** Antes de construir un puente, es necesario preparar el terreno, nivelarlo y asegurarse de que sea estable. De manera similar, la educación comienza con la preparación del individuo, proporcionando una base sólida de conocimientos, habilidades y valores.
- 2. Cimientos sólidos:** Los cimientos de un puente son fundamentales para su estabilidad y durabilidad. La educación proporciona cimientos sólidos en la vida de una persona, que le permitan desarrollarse plenamente en lo profesional, social y como persona.
- 3. Construcción gradual:** La construcción de un puente es un proceso gradual que requiere planificación y atención al detalle. Del mismo modo, la educación implica un proceso continuo de aprendizaje y crecimiento, el cual demanda paciencia, donde cada paso es fundamental para el progreso.
- 4. Conexión y acceso:** Un puente conecta dos puntos separados, permitiendo el paso de personas y recursos de un lugar a otro. Así, la educación es un puente que conecta a las personas con oportunidades, conocimientos y experiencias que de otra manera podrían estar fuera de su alcance.
- 5. Estructura sólida para el futuro:** Un puente bien construido perdura en el tiempo. Una educación de calidad proporciona a las personas las habilidades y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades de vida.

Por otro lado, Paulo Freire, en la pedagogía del oprimido, habla de la educación «bancaria», donde el «saber» es una donación de los que se juzgan sabios, a los que se juzga que no saben nada (López, 2008).

En educación, la dinámica de grupo pretende promover un ambiente de aprendizaje participativo y enriquecedor, donde los estudiantes puedan interactuar, compartir ideas, experiencias, y construir conocimiento de manera conjunta. Además, estas dinámicas ayudan a fortalecer el sentido de pertenencia grupal, la empatía y el respeto hacia los demás, contribuyendo así al desarrollo integral de los estudiantes. Dichas dinámicas pueden incluir debates, proyectos en equipo, resolución de problemas grupales y juegos de roles, entre otros (Arnaiz, 1999; Freire, 2005).

¿Por qué hablar de dinámica de grupos en una disciplina de las ciencias naturales?, porque es sorprendente la escasa mención del tema en este campo. Por ello, la introducción de un nuevo punto de vista en la enseñanza de esta disciplina es lo que motiva a la siguiente reflexión e intenta aportar un contexto al trabajo colaborativo, una actividad generalmente grupal en el aprendizaje de las ciencias químicas.

1. La enseñanza tradicional.

Desde hace largo tiempo, la concepción tradicional de la enseñanza considera al docente como antagonista de los alumnos. Concebida sobre todo en una perspectiva estática, la «clase» como el lugar de la «instrucción», con el «mejor» maestro y una serie de alumnos considerados semejantes. Esta concepción es el fruto de una ideología igualitaria, pero igualitaria de nombre solamente, ya que justifica la promoción de los mejores alumnos al final del curso, y rechaza a los alumnos malos que no trabajaron lo suficiente. Así es la concepción «bancaria» (Andreola, 1984; García 2011) que concibe Paulo Freire sobre la educación (Passeron, 2022; Gálvan-Cardoso y Siado-Ramos, 2021; Sarmiento Santana, 2007).

2. La enseñanza nueva o la revolución de los contrarios. Con los progresos de las Ciencias Sociales en general, una nueva corriente pedagógica allá en la Europa de 1890 (la educación nueva) (Luzuriaga, 1944), por oposición a la situación anterior, hizo del estudiante, el único centro de la clase. Después del maestro todopoderoso, el alumno toma el poder.

El maestro estaba «al servicio de alumno» y tenía que arreglar el medio en función de las necesidades de este.

En esta radicalización sin concesión, no faltaron los errores, porque fuera de del entorno del aula, el estudiante encuentra la visión educativa tradicional con distinta apariencia.

Por ejemplo, la individualización de la enseñanza resultó de la aplicación abstracta de la psicología del niño y el aprendizaje en educación (Morán, 2002; Andrés y Braster, 2017). Adaptar la enseñanza a cada uno puede también significar estimular el individualismo.

Otra corriente de esta «nueva pedagogía», impregnada de ideas socialistas, de cambios en la sociedad, puso el acento sobre la importancia de la organización social del aprendizaje, de la socialización. Esta orientación puede también ser la más reaccionaria como la más revolucionaria, porque aquí intervienen las finalidades del sistema de la enseñanza.

3. Hacia una enseñanza progresista.

No basta trabajar en grupos como lo hacía, por ejemplo, Cousinet en Francia (Cousinet, 1969; Cabrera, 2018); también hay que hacer del grupo de alumnos; concretamente; un grupo socialmente organizado; orientado hasta un cambio «total».

Es lo que lograba hacer el pedagogo soviético Antón Makárenko, después de la revolución bolchevique (Soto, 2018), en la colonia Gorki (1920-28), luego en la colonia Dzerjinski (1927-35) (Makárenko, 2017). Makárenko hizo del «trabajo» mismo el principal agente de la educación.

Partiendo de lo concreto, organizó a los adolescentes sobre el modelo de la sociedad comunista (Ruiz y Taylor-Flores, 2013).

Inspirado en la obra de Makárenko, Freinet pedagogo francés, maestro de primaria, trató de vincular la enseñanza a la realidad concreta (Freinet. 2005; Costa Rica y Sampedro Garrido 2022). En el mismo sentido, otro pedagogo francés contemporáneo F. Oury («Hacia una pedagogía del siglo veinte») (Vasquez y Oury, 1968; Berthaud, 2008), extiende el campo de la investigación al psicoanálisis, y también a la dinámica de grupos.

Intenta hacer el análisis completo, considerando los factores que intervienen en el medio escolar. Eso es importante, a menudo, pues, la estructura oficial no permite innovaciones «radicales» y lo interesante se hace con un público excluido socialmente.

4. ¿Qué hacer?

La pedagogía tradicional, fundamentada en una teoría adulto centrista, caracteriza una forma de sociedad hoy bloqueada; la pedagogía psicologista, fundamentadas en una teoría puerocentrista, no ve más que una sociedad de individuos «asistidos». El problema es también de la coherencia de la teoría y de la práctica.

Entonces, ¿por qué hablar de dinámica de los grupos? No será la panacea de los problemas pedagógicos; pero puede ayudar en la práctica de la educación en el salón; puede ser un medio de conocimientos de ciertos fenómenos, como la resistencia al cambio, que se encuentra a menudo en la relación educando-educador.

5. Una actitud educativa.

Regresemos a la Unión Soviética, allá por los años 1920-1925, con la historia del «cine-tren» (Estrada, 2021; Medvedkin, 2016) durante la agitación propagandística. Un equipo de hombres, bajo la dirección del cineasta Medvedkine (Medvedkin et al., 1977) viaja por todo el país a bordo de un tren especial, con dos vagones arreglados para hacer películas, sin perder tiempo, y mostrarlas en seguida. Las películas exhibidas, eran resultado de las visitas que el equipo hacia a pueblos, empresas, fábricas, discutiendo con los obreros, campesinos, para ver los problemas que ellos tienen.

Un impacto de estas filmaciones fue en una fábrica donde, dos obreros que, al recibir vagones nuevas de la fábrica vecina, rompían sistemáticamente el eslabón de lazo de cada vagóneta. Medvedkine y su equipo van a entrevistar a los dos obreros. Allí pudieron constatar que hacía más de un año que ellos pedían a la fábrica que cambiara el eslabón, porque el sistema de lazo era imperfecto y peligroso para los obreros. Entonces, el equipo filmó el trabajo de los dos obreros y en seguida fueron a pasar la película a los demás de la fábrica vecina. De eso resultó que los obreros presionaron a la dirección para que las vagones tuvieran un sistema de lazo adecuado.

Su película, «la felicidad» (1934) (Medvedkin, 2016), es un ejemplo perfecto de educación colectiva. Pero ¿Por qué

nos referimos a Medvedkine al ocuparnos la dinámica de los grupos? Porque se trata de una «intervención», del tipo formación en un sentido amplio, en la connotación que nos interesa (Torrano et al.

ELEMENTOS DE LA DINÁMICA DE GRUPOS.

Ante todo, ¿qué significa dinámica de grupos? Cada uno define la dinámica de grupos a su manera. Para la mayoría la expresión evoca a la vez una mezcla de experiencia inmediata, de gestión científica, innovación e incluso manipulación. Pero la palabra «dinámica», tanto en las ciencias humanas como en las ciencias naturales, se oponen, sobre todo, a la «estática». Así, estudiar la dinámica de un sistema es ver, con la ayuda de la observación y experimentación, qué fuerzas intervienen para hacerlo funcionar (Andreola, 1984; Ortiz, 2021).

También se trata de ver cómo esas fuerzas se combinan de acuerdo con los procesos y leyes que actúan. Eso sin olvidar que, en el caso que nos interesa, el objeto de conocimiento es «el hombre en situación», el hombre dentro de un grupo, con todas las dificultades que eso implique, cuando se trata de estudiar al ser humano (Benedito, 1972).

Por otra parte, hay que saber que la teoría de la dinámica de los grupos, a la cual se ata el nombre de Kurt Lewin (Lewin, 2013; Wheeler, 2008; Lacouture, 1996; Acevedo, 2024), fue esbozada por él poco antes de morir.

1. El concepto de grupo.

En cuanto al concepto de grupo, el diccionario la Real Academia Española (RAE) lo define como: grupo (Del it. Grupo): m. Pluralidad de seres o cosas que forman un conjunto, material o mentalmente considerado. Sin.: agrupación, conjunto, clase, género, [de personas] agrupación, asociación, corporación (Real Academia Española, 2024).

Pero en lo que concierne a la dinámica de grupo, ¿cuál es la acepción? El vocablo «grupo» designará, en un sentido amplio, un conjunto de personas reunidas.

Eso implica sólo una unidad de lugar, sin restricción de número. Sin embargo, ¿a partir de cuántas personas podemos hablar de un grupo?

Del pequeño grupo a la muchedumbre, los psicosociólogos establecen una distinción entre categoría social, colectividad

y grupo (Cataño, 2006; Baró, 1989). Se puede entonces plantear que un grupo inicia a partir de cuatro individuos ¿Por qué? Porque las combinaciones posibles de dos en dos son superiores al número de los individuos interesados. Eso responde simplemente a la combinatoria (en matemática), nada más. Se trata de combinar cuatro personas dos a dos. Según la ley de la combinación (Wilhelmi, 2004) de n elementos de P.

$$P: C_n^P = \frac{n!}{P! (n - P)!}$$

Tendremos, en nuestro caso,

$$C_4^2 = \frac{4!}{2! (4 - 2)!} = \frac{4!}{2! (2)!} = 2 * 3 = 6$$

6 posibilidades.

Si, A, B, C y D son los cuatro individuos considerados, las posibilidades serán: AB, AC, AD, BC, BD y CD. Eso es un poco formal, pero la cifra de tres no está aceptada porque las relaciones entre tres personas se reducen a relaciones entre una pareja y una tercera persona aislada (Dubreil, 2021; Anzieu y Martin, 1998).

En cuanto a un número máximo, no hay, sino el que determinan las posibilidades de encontrarse en un mismo lugar, en el mismo tiempo. En este último caso se trata de la «muchedumbre». Eso ocurre sin que la intención de reunirse sea explícita.

Conocemos también, las «bandas» de adolescentes (Dubreil, 2021) «normales o delincuentes» que plantea problemas a los educadores. La búsqueda de la banda es también la búsqueda del semejante voluntariamente, lo que se traduce a menudo por signos exteriores de reconocimiento y por el rechazo del adulto. Ahora vamos a ver el objeto propio de la dinámica de los grupos.

Los pequeños grupos o los grupos restringidos, podemos también llamarles: grupos reducidos o «frente a frente». Estos grupos necesitan una organización del espacio tal que cada miembro puede ver a los demás.

Esta necesidad, por consiguiente, impone una limitación al número de los participantes entre cinco y veinte. Un número de veinte participantes constituye una limitación que ya no permite una buena percepción de los demás. Por eso se aconseja que en lo posible no se supere el número de quince.

Aunque no existe una clasificación exhaustiva de los grupos, podemos adoptar momentáneamente algunos criterios relevantes. Los tomaremos de J.C. Filloux (Filloux, 2008). Además de la estructura en los grupos pequeños él distingue la relación: con la organización social, con las normas admitidas, con las metas colectivas y con el proyecto científico mismo.

Así, según a que grupo dependa de la organización social o de proyectos particulares, tenemos respectivamente un grupo institucional o espontáneo. Cuando el grupo es un fin en sí para sus miembros, cuando se trata principalmente de «estar juntos», la característica de este se centra sobre «lo afectivo». También podemos decir que el grupo está «centrado sobre el grupo». Se trata aquí de «grupo de base» o «training group» o «T-Group» (Highhouse, 2002), según la terminología norteamericana.

Por oposición, cuando se trata de realizar un trabajo, de tomar una decisión, por ejemplo, decimos que el grupo está «centrado sobre la tarea». Aquí los factores operatorios son importantes. Si se trata, esta vez de un grupo de trabajo.

Así, el caso más común es la existencia del grupo independientemente del proyecto científico. Por ejemplo, la clase, un equipo de investigadores, un equipo deportivo, los profesores del mismo departamento, etc.... A estos grupos o «grupos naturales» se oponen sus contrarios, donde los individuos están reunidos por la meta de una experiencia. Solo en este caso se habla de «grupos de laboratorio». Sin embargo, la experimentación no involucra ni a los experimentadores ni a los experimentados en el sentido de que no les dificulta desde un punto de vista humano; ello supone nada más, un regreso al punto de partida, una vez la experiencia termina. De todas maneras, hay que aclarar que estas distribuciones grupales no son excluyentes.

Para superar esta situación, se necesita salir de las relaciones interindividuales percibidas de manera estática. Hay que pensar la situación de manera nueva, pero la idea de ser sometido a discusión no se acepta muy fácilmente.

Otra dificultad del trabajo o de la vida de grupo es la necesidad de concentrarse en sí mismo, de «pensarse». Aquí interviene la resistencia del «Yo» y también las resistencias más sutiles del «inconsciente» (Barreiro, 2000). La dinámica de grupos existe, y solo mediante la experiencia podemos ver su nacimiento.

2. Nacimiento de la dinámica de grupos.

La dinámica de grupos nació en los Estados Unidos (Lewin, 2013). La concepción del grupo «democrático» agente del cambio social e individual importado de Inglaterra por los cuáqueros desde el siglo XVIII, dan origen este nacimiento (Robles, 2020). Eso explica también la ideología que acompaña a la dinámica de grupos.

Antes que la teoría empezara a desarrollarse, las primeras experiencias sobre el terreno se hacían bajo la dirección de Elton Mayo (Mayo, 2014). Estas mostraron por primera vez la importancia de la moral sobre el rendimiento de un grupo de trabajo. Entre esas experiencias y las de Lewin, se realizó también en 1935, la primera experiencia clínica por Muzafer Sherif (Sherif, 1935; Mcleod, 2022). Pero nos enfocaremos en los dos primeros.

Elton Mayo (1880-1950); profesor de filosofía australiano, prosiguió su carrera en los Estados Unidos donde dirigió de 1926 a 1947, el departamento de investigación industrial de la Universidad de Harvard. En 1923-1925, en Estados Unidos de América en medio de la inestabilidad del personal, dirigió un estudio en una fábrica en los talleres de hilandería, donde la tasa de rotación era del 25% al año, respecto a una tasa de rotación media de 5% en el resto de la fábrica. Para no desorganizar el trabajo, la solución a este problema fue la institución de 4 pausas de 10 minutos, por grupo de trabajadores. Pero, además de la reducción de la tasa de rotación, la intervención se acompaña de un rendimiento nunca alcanzado por este taller.

Más tarde, en 1945, cuando Mayo escribió su libro «The Social Problems of an Industrial Civilization» (Mayo, 2014; Mayo, 2004), dio una interpretación psicosociológica de los mismos fenómenos. La imposición de las pausas gracias a Elton Mayo, y a pesar de la oposición de los capataces, desarrolló un sentimiento de responsabilidad en un primer tiempo. Y después, los momentos de pausas dejados a escoger a los obreros por equipo, despertó la solidaridad. Esta intervención de la moral del equipo será todavía, más evidente en la segunda experiencia que se detalla a continuación.

En 1921-1927, los dirigentes «The Western Electric Company», Chicago, logran la visita de Mayo, a la fábrica de material telefónico con 10,000 trabajadores; donde se formaron dos grupos, uno de prueba y uno de control, el parámetro medido fue la iluminación del área de trabajo, en primera instancia se mejoró las condiciones de alumbrado y posterior se disminuyó, los resultados indican no hubo modificación en el rendimiento, en ambos grupos (Mahoney y Baker, 2002; Trahair y Zaleznik. 2017).

Debido a los resultados obtenidos en la compañía de material telefónico, se replica la experiencia, con la metodología del «test-room» (Trahair y Zaleznik. 2017) (1927-1933).

Kurt Lewin (1890-1947), psicólogo alemán, llegó a los Estados Unidos (1890). Su obra nació del encuentro de una corriente fenomenológica de la época y su condición de emigrado israelí que lo condujo a su teoría de «campo social» (Fernández Fernández y Ferrera, 2009; Lewin, 1973). Podemos distinguir tres períodos en su investigación:

- Primer período: antes de su llegada a Estados Unidos, Lewin. Se preocupa por la psicología individual como la medida de la voluntad, de la percepción del movimiento.
- Segundo período (1930-1938): se interesa por una teoría de conjunto del comportamiento individual y por problemas metodológicos (Lewin, 1935; Lemaine, 1960).
- Tercer período (1938-1947): Inicia con la experiencia en 1938 sobre los climas sociales (Fernández Fernández y Ferrera, 2009; Matuk, 2018). También evaluó la «Estructura del comportamiento agresivo dentro de climas sociales creados experimentalmente»; K. Lewin, Lippitt y White realizaron la experiencia sistemática en 1939 (Lewin et al., 1939).

Desde Lewin, la dinámica de grupos se ha desarrollado en varias direcciones, tales como:

Psicoterapia: tratamiento de la enfermedad mental por el grupo de investigación de Bion (López-Corvo, 2020), formación profesional de los médicos «los grupos Balint» (Dohms, 2014). Educación y formación: las investigaciones acerca del «grupo clase» (Cabrasco et al., 2001; Francia y Mata, 2019) en la escuela y de la aplicación de la dinámica

de grupos en la enseñanza, las investigaciones actuales de la pedagogía institucional (Calderón, 2000), de la autogestión pedagógica (Lobrot, 2022). También «T-Group» y sus varias modalidades aparecen utilizadas cada vez más sistemáticamente. Psicología social: desde las investigaciones experimentales de Sherif, Leavitt (Leavitt, 1962) hasta los trabajos de E. Jaques sobre la patología de las organizaciones (Jaques, 2004). Utilizada y corregida de manera adecuada, la dinámica de grupos puede ser un factor de movilización colectiva y de concientización para el cambio.

Discusión

El Training group, un grupo pequeño de formación: Algunos autores lo llaman también «grupos de diagnóstico» o «grupo de trabajo» (Pagès, 1969). Este tipo de grupo no es igual que uno de formación, además, tiene como objetivo alcanzar un diagnóstico general sobre él. Por otro lado, el grupo de base, en el sentido de que a este tipo de grupo insiste más sobre la estructura informal, afectiva, que sobre su organización formal.

El término grupo de diagnóstico se utiliza desde 1955, en Francia (trabajos de R. Pagès). El de grupo de trabajo procede de las investigaciones del psiquiatra W. R. Bion (1948-1950) (López-Corvo, 2020), y se utiliza también desde 1955. Pero el término más adecuado es todavía el de «Training group» (Lewin et al., 1939), que significaba, grupo de entrenamiento para las percepciones de grupo. Ahora puede significar, grupo de sensibilización para las relaciones humanas.

En 1947, el National Training Group Laboratory (NTL), sección de investigación del RCGD, desarrolla un seminario en la Could Academy de BETHEL. Aquí es, verdaderamente, donde nace el término «Trainig-Group». (Highhouse, 2002)

El T-Group» tiene estructuras extrínsecas; Unidad de lugar: que el trabajo de grupo debe desarrollarse en el mismo lugar. Unidad de tiempo: es decir, que el curso no puede hacerse en períodos distintos e independientes.

El número de los participantes: Lo ideal sería un número entre doce o trece. Es preferible, también, que la representación de sexos sea equilibrada. En general, los grupos, las sesiones, el animador son impuestos por la institución, la empresa, la escuela, que organiza el curso.

Estas estructuras extrínsecas constituyen la armadura institucional del «Training group». El grupo está centrado sobre sí mismo, los individuos colaboran para alcanzar un objetivo o meta en común. Además, el curso, seminario, taller, etc. está centrado sobre «la sensibilización para las relaciones» en grupo, y eso constituye la «consigna» (única ley interna del grupo) general, pero nada más. Algunos animadores, también, no dan ninguna consigna. En la conducción del T-Group ¿Cuál es el papel del animador? Es un catalizador, interviene a nivel del grupo, dando significaciones psicológicas. Rehúsa asumir el liderazgo, fijando tareas o sugiriendo temas de discusiones, negándose igualmente ser el consejero del grupo. Es un analista de los procesos del grupo; interpreta lo que pasa aquí y ahora en el grupo.

Las características del grupo de diagnóstico, su relación con grupos más estructurados se muestra a continuación:

Tabla 1.

Cuadro Comparativo de Tipologías de Grupo

	Grupo de estudio	Grupo de trabajo	Grupo de diagnóstico
Objetivo	Aprendizaje	Formación del aprendizaje	Formación
Norma	Rendimiento	Implicación	Cambio
Gestión	Transmisión de información	Confrontación y crítica de las aportaciones	Elucidación de las actitudes y de las interacciones

Fuente: López-Corvo, 2020.

El grupo de diagnóstico se concentra más sobre las actitudes y las relaciones que otros grupos. También podemos distinguir tres tipos de conducta, desde el punto de vista de la animación:

La conducta cooperativa: el animador interviene al nivel de las tareas (producción), del procedimiento (organización), de los procesos (regulación) (Yuste Marín, 2017). La conducta directiva sobre el procedimiento (centrada sobre el problema): el animador interviene sobre organización y regulación, y no interviene sobre el objetivo o meta. La conducta no-directiva (centrada sobre el grupo) (Huerta, 2022): el animador interviene únicamente sobre la regulación. Es el modo de animación «T-Group», que interesa en esta revisión.

En la vida de un T-Group, Se distinguen diferentes fases en la vida del grupo. Por ejemplo, Max Pagès (Pagès, 1977) indica cuatro etapas:

En una primera etapa, el grupo es desorientado por la ausencia de trabajo concreto. Hay tentativas personales y también colectivas para obligar al animador, a jugar un papel convencional. Es recurrente que la ansiedad se desarrolle en el grupo, en esta etapa.

En la segunda etapa, cada uno se interroga sobre sí mismo. Se desarrolla un sentido de fracaso, cada uno piensa perder el tiempo. Surgen agresiones con respecto al animador, a los participantes, agresiones afectivas. Domina un clima de frustración.

En la tercera etapa, surgen ensayos de cooperación. Se elaboran soluciones provisionales. El grupo crea un mejor clima. Los participantes hacen concesiones. Pero la tensión subsiste. Se establecen potentes relaciones afectivas. Las relaciones de dependencia se visibilizan.

Finalmente, en la cuarta etapa, el grupo examina las razones de sus dificultades, analiza su funcionamiento, experimenta varias técnicas, los participantes se aceptan, como personas integralmente.

¿Cuál es la significación pedagógica de este tipo de grupo? ¿cuál es su aporte? Esto es muy discutido. Max Pagès encuentra que el «T-Group» tiene las características pedagógicas siguientes:

- Hay utilización de un grupo como agente de formación.
- Usa la vida del grupo como base de formación.
- Hay creación de una situación de autoadaptación y de adaptación colectiva del grupo.

En la práctica un «T-Group» permite, aprender a percibir al otro, a situarle, a analizar un cierto número de actitudes a priori, de resistencias, de deformaciones, propias de nuestro quehacer diario.

Consideremos la siguiente problemática general de los grupos de formación: El problema del docente con un alto nivel de conocimientos, pero incapaz de comunicarse con sus alumnos y de comprender una clase.

El problema del educador de adultos, incapaz de comprender la realidad social y personal del individuo común. El problema del médico, con gran tecnicismo, pero incapaz también de comprender al enfermo, y carente de sensibilidad social.

Es recurrente que la ansiedad se desarrolle en el grupo, en esta etapa.

En la segunda etapa, cada uno se interroga sobre sí mismo. Se desarrolla un sentido de fracaso, cada uno piensa perder el tiempo. Surgen agresiones con respecto al animador, a los participantes, agresiones afectivas. Dominan un clima de frustración.

En la tercera etapa, surgen ensayos de cooperación. Se elaboran soluciones provisionales. El grupo crea un mejor clima. Los participantes hacen concesiones. Pero la tensión subsiste. Se establecen potentes relaciones afectivas. Las relaciones de dependencia se visibilizan.

Finalmente, en la cuarta etapa, el grupo examina las razones de sus dificultades, analiza su funcionamiento, experimenta varias técnicas, los participantes se aceptan, como personas integralmente.

¿Cuál es la significación pedagógica de este tipo de grupo? ¿Cuál es su aporte? Esto es muy discutido. Max Pagès encuentra que el «T-Group» tiene las características pedagógicas siguientes:

- Hay utilización de un grupo como agente de formación.
- Usa la vida del grupo como base de formación.
- Hay creación de una situación de autoadaptación y de adaptación colectiva del grupo.

En la práctica un «T-Group» permite, aprender a percibir al otro, a situarle, a analizar un cierto número de actitudes a priori, de resistencias, de deformaciones, propias de nuestro quehacer diario.

Consideremos la siguiente problemática general de los grupos de formación: El problema del docente con un alto nivel de conocimientos, pero incapaz de comunicarse con sus alumnos y de comprender una clase.

En general, el problema de la relación entre su propia postura teórica, profesional, y su actitud en la vida diaria.

Desde nuestra perspectiva, este tipo de grupo puede ser un aporte interesante para intervenir a nivel de las actitudes, particularmente en la academia. No es más que una técnica de formación, podemos hacer con ella lo que queremos.

«T-GROUP» EN LA ENSEÑANZA EN CIENCIAS NATURALES: CIENCIAS QUÍMICAS.

Tenemos que considerar que existen diferencias entre Ciencias Sociales y ciencias naturales; donde en el contenido prevalecen los métodos cuantitativos y experimentales, mientras que, en ciencias sociales, el contenido puede ser más teórico y basado en una mezcla de análisis cualitativo y cuantitativo. Además, existen diferencias en los métodos de evaluación, ya que, en ciencias naturales, los grupos pueden ser evaluados en función de su capacidad para obtener resultados experimentales precisos y coherentes, mientras que, en ciencias sociales y humanidades, la evaluación puede centrarse en la calidad del análisis crítico y la argumentación.

Propuesta de implementación de los «T-group» en curso de Ciencias Químicas.

Aplicado a estudiantes de un curso de Química General a nivel universitario.

Objetivos:

- Mejorar la comunicación entre los estudiantes al abordar problemas complejos de química.
- Desarrollar habilidades para trabajar en equipo de manera efectiva en un entorno de laboratorio de química.
- Facilitar la autoconciencia sobre las propias fortalezas y áreas de mejora en el contexto del trabajo en grupo.

Fase 1: Introducción y formación del grupo; los estudiantes se agrupan en equipos de 5-7 personas. El facilitador introduce el concepto de «T-Group», explicando que el objetivo es reflexionar sobre sus interacciones y cómo trabajan juntos mientras resuelven un problema relacionado con la asignatura. A continuación, se plantean preguntas reflexivas, podrían ser: “¿Cómo te sientes trabajando en equipo en esta clase?”, “¿Qué dificultades crees que enfrentas cuando colaboras con otros?” o “¿Asimilas más fácilmente el contenido al trabajar en grupo?” entre otras.

Fase 2: Asignación del problema; se les presenta un desafío relacionado con la temática, como realizar una titulación ácido-base o diseñar una síntesis orgánica de una molécula sencilla. Durante el proceso de resolución, los estudiantes deben no solo enfocarse en el contenido científico, sino también en observar y reflexionar sobre cómo interactúan, cómo toman decisiones y cómo resuelven conflictos.

Fase 3: Reflexión y retroalimentación; al finalizar la actividad, el grupo se sienta a discutir sus experiencias. Los temas de reflexión pueden incluir: “¿Cómo fue la toma de decisiones en el grupo?”, “¿Qué podrías haber hecho de manera diferente para facilitar el trabajo en equipo?” o “¿Asimilas más fácilmente la base teórico-práctica del problema asignado?”. Los estudiantes también se dan retroalimentación unos a otros, enfocándose en cómo cada uno contribuyó al logro de los objetivos y qué aspectos pueden mejorar.

Rol del facilitador: El facilitador no interviene activamente en la resolución de los problemas, sino que se enfoca en guiar la reflexión del grupo sobre su comportamiento y la dinámica interna. Dicha función la puede realizar a través de preguntas tales como: “¿Notaron algún cambio en la forma en que se comunicaron a medida que enfrentaban dificultades?”, “¿Cómo manejaron el conflicto cuando surgieron diferentes opiniones sobre el experimento?” o “¿De qué manera discutieron e interpretaron los resultados?”

Resultado esperado: Los estudiantes no solo habrán aprendido conceptos de química como el equilibrio químico, la estequiometría o la teoría ácido-base; o aspectos de reactividad, mecanismos de reacción, grupos funcionales, manejo adecuado de reactivos, manejo de equipo y cristalería de forma correcta, sino que también habrán desarrollado

una mayor autoconciencia sobre cómo trabajan en grupo, qué fortalezas personales aportan y cómo mejorar su capacidad de colaborar de manera efectiva en entornos de laboratorio o investigación.

Conclusión

A manera de conclusión podemos resumir el impacto de la técnica aplicada en la enseñanza de las ciencias naturales: Al aprender a escuchar y valorar las opiniones de otros, los estudiantes pueden desarrollar enfoques efectivos y creativos para resolver problemas químicos complejos. Desarrollar la capacidad de trabajar en equipo, una competencia clave en la investigación en ciencias naturales, se fortalece a través de la autoconciencia y la reflexión. Finalmente, al integrar el aprendizaje de contenidos de Ciencias Naturales con el enfoque sobre la dinámica de grupo, los estudiantes pueden conectar mejor los conceptos teóricos con situaciones de la vida real, como el trabajo en un laboratorio de investigación. Ya que fomenta un aprendizaje que no solo se enfoca en los conocimientos técnicos, sino también en el desarrollo personal y social de los estudiantes, algo que resulta crucial en disciplinas experimentales, donde el trabajo colaborativo es clave para el éxito.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad de Sonsonate.

Referencias

- Estrada, A. (2021). Art, film and political action: Brief historiographic review of the ideas of Bolshevik filmmakers: Dziga Vertov and D'Alexandre Medvedkine. *Revista de Antropología Visual*, 2(29), 1–22. <https://doi.org/10.47725/rav.029.03>
- Acevedo, G. A. V. (2024). Kurt Lewin: Teoría de campo, investigación acción y educación. *Ciencia y Educación*, 8(1), 79–86. <https://doi.org/10.22206/cyed.2024.v8i1.2945>
- Andreola, B. A. (1984). *Dinámica de grupo*. Editorial Sal Terrae.
- Andrés, M. D. M. D. P., & Braster, S. (2017). El Plan Dalton en España: Recepción y apropiación. *Revista de Educación*, 377, 113–135. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/137988/Adjunto1.pdf?sequence=1&isAllowed=>

- Anzieu, D., & Martin, J. Y. (1998). La dinámica de los grupos pequeños. Biblioteca Nueva. <https://www.fceia.unr.edu.ar/geii/maestria/2013/tenaglia/Anzieu.pdf>
- Arnaiz, P. (1999). La tutoría, organización y tareas. Graó.
- Baró, M. (1989). Sistema, grupo y poder: psicología social desde Centroamérica II. UCA Editores. <https://www.uca.edu.sv/colección-digital-IMB/wp-content/uploads/2015/11/1989-%40-Sistema-Grupo-y-Poder-Psicología-Social-desde-Centroamerica-II.pdf>
- Barreiro, T. (2000). Trabajos en grupo: hacia una coordinación facilitadora del grupo sano. Noveduc Libros.
- Benedito Antolí, V. (1972). Dinámica de grupos y trabajo en equipo.
- Berthaud, M. (2008). Educar, según Francoise Dolto (1908-1988). *Ethos Educativo*, 138–150. <https://imced.edu.mx/Ethos/Archivo/43/43-138.pdf>
- Cabrasco, R., Ravetllat, C., & Pérez, C. (2001). Dinámica de grupo. Educarchile. Recuperado de <http://www.educarchile.cl>
- Cabrera, M. A. (2018). Genealogía de la colaboración en educación. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 19(35), 49–69. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8669901>
- Calderón, C. M. (2000). Pedagogía institucional (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Luján).
- Cataño, G. (2006). Robert K. Merton. Espacio abierto, 15(1y2), 369–389. <https://www.redalyc.org/pdf/122/12215219.pdf>
- Costa Rico, A., & Sampedro Garrido, A. (2022). El Movimiento Cooperativo de Escuela Popular (MCEP) y la revista Colaboración (1976-1985): educación y renovación pedagógica en la España del posfranquismo. <https://doi.org/10.35072/CABAS.2022.42.38.003>
- Cousinet, R. (1969). Un nuevo método de trabajo libre por grupos. Editorial Losana.
- Dohms, M. (2014). Grupos Balint. <https://redemc.net/campus/wp-content/uploads/2017/08/SM-M5-Resumo-Grupos-Balint-Marcela-ES-PUBL.pdf#page=2.81>
- Dubreil, P. (2021). Teoría de grupos. Reverte.
- Fernández Fernández, J. M., & Ferreras, A. P. (2009). La noción de campo en Kurt Lewin y Pierre Bourdieu: un análisis comparativo. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas (REIS)*, 127(1), 33–53. <https://doi.org/10.5477/cis.reis.127.33>
- Filloux, J. C. (2008). Epistemología, ética y ciencias de la educación. Editorial Brujas. <https://etica.uazuay.edu.ec/sites/etica.uazuay.edu.ec/files/public/Epistemolog%C3%ADa%2C%20%C3%A9tica%20y%20ciencias%20de%20la%20educaci%C3%BDn%20Jean%20Claude%20Filloux%20%28z-lib.org%29.pdf>
- Francia, A., & Mata, J. (2019). Dinámicas y técnicas de grupo. Ediciones de la U.
- Freinet, C. (2005). Técnicas Freinet de la escuela moderna. Siglo XXI. <https://n9.cl/s91nou>
- Freire, P. (2005). Pedagogía del oprimido. Siglo XXI Ediciones. <https://www.servicioskoinonia.org/biblioteca/general/FreirePedagogiadelOprimido.pdf>
- Galván-Cardoso, A. P., & Siado-Ramos, E. (2021). Educación tradicional: Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante. *CIENCIAMATRÍA*, 7(12), 962–975. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i12.457>
- García, S. (2011). De la educación bancaria en el aula, a la educación problematizadora en la red. *Didáctica, Innovación y Multimedia*, 1–7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4174077>
- Highhouse, S. (2002). A history of the T-group and its early applications in management development. *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 6(4), 277. https://www.researchgate.net/publication/232598800_A_history_of_the_T-group_and_its_early_applications_in_management_development

- Huerta, M. (2022). Non-directive teaching to develop the personality of 4- and 5-years old children. *Sciéndo*, 25(2), 133-136. <https://doi.org/10.17268/sciendo.2022.017>
- Jaques, E. (2004). *La organización requerida*. Ediciones Granica SA.
- Lacouture, G. (1996). El legado de Kurt Lewin. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 28(1), 159–163. <https://www.redalyc.org/pdf/805/80528113.pdf>
- Leavitt, H. J. (1962). Unhuman organizations. *Harvard Business Review*, 40(4), 90–98.
- Lemaine, J. M. (1960). Lewin K., *Psychologie dynamique. Les relations humaines. Revue française de sociologie*, 1(1), 129–130.
- Lewin, K. (1935). *Teoría de campo: Una dinámica teoría de personalidad*. McGraw Hill.
- López, J. O. (2008). Paulo Freire y la pedagogía del oprimido. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, num. 10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86901005&utm>
- Lewin, K. (1973). *Dinámica de la personalidad: Selección de artículos*. Ediciones Morata.
- Lewin, K. (2013). *A dynamic theory of personality: Selected papers*. Read Books Ltd. <https://archive.org/details/dli.ernet.130>
- Lewin, K., Lippitt, R., & White, R. K. (1939). Patterns of aggressive behavior in experimentally created “social climates.” *The Journal of Social Psychology*, 10(2), 269–299. <https://doi.org/10.1080/00224545.1939.9713366>
- Lobrot, M. (2022). *Pedagogía institucional: La escuela hacia la autogestión* (Vol. 5). Ediciones Morata.
- Luzuriaga, L. (1944). *La educación nueva*. <https://n9.cl/tldan>
- Makárenko, A. S. (2017). *Poema pedagógico*. Ediciones Akal. <https://acortar.link/gbGCGC>
- Matuk, G. D. (2018). *Constelación y campo: Psicología de Kurt Lewin*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Mayo, E. (2004). *The human problems of an industrial civilization*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203487273>
- Mayo, E. (2014). *The social problems of an industrial civilisation*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315824277>
- Mcleod, S. (2022). *What is conformity? Definition, types, psychology research*. Simply Psychology. Recuperado de <https://www.simplypsychology.org/conformity.html?PageSpeed=noscript>
- Medvedkin, A. (2016). *The Alexander Medvedkin reader* (N. Lary & J. Leyda, Trans.). University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226296302.001.0001>
- Medvedkin, A., Cozarinsky, E., Makarova, V., & de Geraldo, N. G. (1977). *El cine como propaganda política: 294 días sobre ruedas*. Siglo XXI. <https://comunicacionymedios.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/10/el-cine-medvedkin.pdf>
- Morán, S. M. (2002). *Siempre lo quise decir. Sinéctica: Revista Electrónica de Educación*, (20), 131–137. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99817898021>
- Ortiz, F. C. (2021). *Creatividad + dinámica de grupo = ¿eureka?* Editorial Pueblo y Educación. <https://books.google.com.sv/>
- Pagès, M. (1977). *La vida afectiva de los grupos: Esbozo de una teoría de la relación humana*.
- Pagès, R. (1959). *L'expérimentation en sociologie*. Université de Paris, Faculté des lettres et sciences humaines.

- Passeron, J.-C. (2022). ¿Qué queda hoy de Los herederos y La reproducción (1964-1971)? Preguntas, métodos, conceptos y recepción de una sociología de la educación. *Revista Española de Sociología*, 31(3), a114. <https://doi.org/10.22325/fes/res.2022.114>
- Real Academia Española. (2024). Grupo. En Diccionario de la lengua española (23.ª ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/química>
- Robles, C. (2020). Pensar lo grupal: Aportes históricos a una teoría de los grupos (V. B. Ibáñez & M. L. Salazar Rocha, Comp.). Editorial BEATRIX. <https://www.trabajo-social.org.ar/wp-content/uploads/Ibanez-SalazarRocha-comps-2020-1.pdf>
- Ruiz, A., & Taylor-Flores, X. V. (2013). La experiencia pedagógica cubana, ¿una influencia heredada de Makárenko? *Revista de Educación y Desarrollo*, 83-92. https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/27/027_Xochil.pdf
- Sánchez, M. M., & Torres, M. Á. G. (2003). El grupo desde la perspectiva psicosocial: conceptos básicos. Pirámide Ediciones. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=3710>
- Sarmiento Santana, M. (2007). La enseñanza de las matemáticas y las NTIC, una estrategia de formación permanente (Tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili). <https://www.tdx.cat/handle/10803/8927#page=1>
- Sherif, M. (1935). A study of some social factors in perception. *Archives of Psychology* (Columbia University), 187, 60.
- Soto, X. (2018). Antón Makárenko y la construcción de un método pedagógico. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/3678>
- Torrano, C. V., Tuneu, N. P., & i Raichs, R. C. (2022). La representación de la educación en los documentales producidos en los totalitarismos europeos. *Historia y Memoria de la Educación*, (16), 11-76. <https://doi.org/10.5944/HME.16.2022.33830>
- Trahair, R. C., & Zaleznik, A. (2017). *Elton Mayo: The humanist temper*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351298728>
- Vásquez, A., & Oury, F. (1968). Hacia una pedagogía del siglo XX. Siglo veintiuno.
- Wheeler, L. (2008). Kurt Lewin. *Social and Personality Psychology Compass*, 2(4), 1638-1650. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2008.00131.x>.
- Wilhelmi, M. R. (2004). Combinatoria y probabilidad. Grupo de Investigación en Educación Estadística, Universidad de Granada. <https://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/librowhilhelmi.pdf>
- Yuste Marín, E. M. (2017). Influencia de la introducción y desempeño de roles sobre las conductas interactivas del alumnado de Educación Primaria en un contexto de aprendizaje cooperativo. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/55948>

Desarrollo de software accesible SIEL para la inclusión educativa y laboral de personas sin miembros superiores

Development of Accessible Software for the Educational and Occupational Inclusion of People without Upper Limbs

Ademir Bermúdez Aguilar

Universidad Francisco Gavidia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2832-1204>

adbermudez@ufg.edu.sv

Enviado: 15 de febrero de 2025

Aceptado: 28 de julio de 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

El presente artículo se basa en el desarrollo de un software accesible para personas sin miembros superiores, permitiéndoles interactuar con una computadora mediante comandos de voz y gestos visuales. El objetivo de la investigación consistía en fomentar la inclusión social y laboral a través de tecnologías abiertas Python, OpenCV y sistemas de reconocimiento de voz. El estudio adoptó un enfoque mixto, con validación en ambiente controlado y desarrollo iterativo del prototipo. Los resultados evidencian que el sistema permite realizar tareas básicas como abrir documentos, navegar en internet y comunicarse a través de plataformas digitales. Se concluye que este tipo de soluciones puede reducir barreras tecnológicas, mejorando la calidad de vida y autonomía de las personas con discapacidad motora, el software esta desarrollado para Windows, pero es adaptable a Linux, si bien la primera parte de la investigación se concentró en el desarrollo del software y pruebas controladas, se desea continuar con la segunda parte de la investigación que consiste en hacer pruebas con un grupo experimental y medición de resultados a través de la creación de indicadores para determinar si el software cumple con los objetivos de la investigación.

Palabras clave

Tecnologías de la información y la comunicación, accesibilidad digital, tecnología asistiva, visión por computador, inclusión social y laboral.

Abstract

This article is based on the development of accessible software for individuals without upper limbs, enabling them to interact with a computer through voice commands and visual gestures. The aim of the research was to promote social and labor inclusion through open technologies such as Python, OpenCV, and voice recognition systems. The study adopted a mixed-methods approach, with validation in a controlled environment and iterative development of the prototype. The results show that the system allows users to perform basic tasks such as opening documents, browsing the internet, and communicating through digital platforms. It is concluded that this type of solution can reduce technological barriers, improving the quality of life and autonomy of people with motor disabilities. The software has been developed for Windows but is adaptable to Linux. While the first phase of the research focused on software development and controlled testing, the second phase will continue with experimental trials and result measurement through the creation of indicators to determine whether the software meets the research objectives.

Keywords

Information and communication technologies (ICT), digital accessibility, assistive technology, computer vision, social and occupational inclusion.

Introducción

En los últimos años, los avances tecnológicos han generado aportes significativos en múltiples áreas del conocimiento, especialmente en los países industrializados y de manera gradual en aquellos en vías de desarrollo. Herramientas como las computadoras, los teléfonos inteligentes, internet, la robótica y, más recientemente, la inteligencia artificial (IA), se han integrado progresivamente en la vida cotidiana, siendo adoptadas con mayor rapidez por las nuevas generaciones (Alas, 2022). Esta integración no solo ha transformado los modos de comunicación y acceso a la información, sino que también ha modificado las formas de inserción social, educativa y laboral, configurando un nuevo escenario en el que la brecha digital adquiere matices más complejos.

En este contexto, la IA se constituye en uno de los principales motores de transformación social y económica. Lane y Saint-Martin (2021) destacan que sus aplicaciones se extienden desde la gestión del talento humano hasta la optimización de procesos productivos y la toma de decisiones estratégicas. Este planteamiento cobra relevancia cuando se contrasta con los avances en visión por computador y aprendizaje automático, los cuales, al ser liberados bajo licencias de código abierto, permiten la creación de soluciones adaptadas a necesidades específicas. Sin embargo, como señalan Ferrín-Bolaños et al. (2021), tales avances deben contextualizarse en función de grupos sociales que enfrentan severas limitaciones para interactuar con tecnologías convencionales, como lo son las personas sin miembros superiores.

Precisamente, el estudio de Ferrín-Bolaños et al. (2021) evidencia que la interacción humano-computador mediada por gestos faciales y comandos de voz constituye una vía prometedora para superar las barreras de accesibilidad de este colectivo. Este argumento se enlaza con el World Report on Disability de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2011), el cual subraya que la discapacidad motriz no debe ser entendida únicamente como una condición física, sino como una interacción entre limitaciones funcionales y barreras del entorno. Desde esta perspectiva, la falta de soluciones tecnológicas accesibles perpetúa la exclusión y restringe el ejercicio pleno de derechos fundamentales, entre ellos la educación y el trabajo.

En el caso salvadoreño, las políticas públicas han promovido la distribución de dispositivos digitales como estrategia de inclusión educativa (Alas, 2022), y recientemente se han delineado iniciativas orientadas a fortalecer la inteligencia artificial como área estratégica nacional (Abarca, 2025). No obstante, cuando se observa este panorama desde la óptica de la inclusión, resulta evidente que dichas políticas carecen de un enfoque diferenciado hacia las personas con discapacidades motoras severas. La UNESCO (2019) advierte que garantizar el acceso equitativo y efectivo a las TIC para personas con discapacidad es un componente esencial para hacer efectivo el derecho a la educación, el trabajo y la participación ciudadana. El desafío, entonces, no radica únicamente en proveer dispositivos, sino en generar software accesible que posibilite su uso autónomo por parte de quienes enfrentan mayores barreras físicas.

En este marco surge la propuesta del Software de Inserción Educativa y Laboral (SIEL), concebido como un sistema diseñado para que las personas sin miembros superiores interactúen con la computadora mediante comandos de voz, reconocimiento facial y control por gestos. A diferencia de otras iniciativas que se centran en la usabilidad general, SIEL se orienta hacia una población con necesidades muy específicas, lo cual responde a la llamada de la OMS (2011) a diseñar tecnologías adaptadas que permitan reducir las brechas de participación. Su desarrollo no solo facilita tareas cotidianas como la creación de documentos o la navegación en internet, sino que también sienta las bases para un modelo de inclusión educativa y laboral sostenible.

Finalmente, el alcance del proyecto trasciende el plano individual, pues posee un componente institucional y gubernamental. La Universidad de Sonsonate lo concibe como un aporte articulado con las políticas nacionales de inclusión y accesibilidad, con potencial de apoyo al Ministerio de Salud, al Ministerio de Trabajo y al Ministerio de Educación. De esta manera, SIEL se integra en la agenda internacional sobre accesibilidad digital y equidad social (United Nations, 2018; Yuan et al., 2023), consolidando el papel de la tecnología como un instrumento de justicia social y reducción de brechas estructurales.

Metodología

La presente investigación se diseñó como un estudio aplicado de carácter tecnológico, orientado al desarrollo de un software específico denominado SIEL (Software de Inserción Educativa y Laboral). Se adoptó un diseño

cuasiexperimental, con pruebas controladas de interacción computadora–persona, lo que permitió evaluar la efectividad del sistema sin recurrir a procesos de aleatorización. Este enfoque resulta adecuado para la validación de tecnologías asistivas en fases iniciales de desarrollo (López, 2016).

El proceso de validación se estructuró en dos momentos de prueba:

1. Interacción entre el investigador y la computadora en un espacio libre de ruidos externos.
2. Interacción entre una persona sin miembros superiores y la computadora, también en condiciones libres de ruido.

Asimismo, se adoptó un enfoque mixto. La dimensión cualitativa permitió identificar y analizar las necesidades de los usuarios objetivo, mientras que la dimensión cuantitativa se centró en medir la eficacia y precisión del sistema, principalmente en términos de reconocimiento de voz, detección de gestos y adaptabilidad de la interfaz. El desarrollo del prototipo se dividió en dos etapas y cuatro fases iterativas.

• **Etapa 1: Creación y validación inicial con el investigador.**
Incluyó cuatro fases: (a) análisis de requerimientos, (b) diseño del software, (c) validación en ambiente controlado y (d) mejoras iterativas (ajustes de audio, reconocimiento de gestos sin uso de manos y adaptación a diferentes entornos de voz). En esta etapa se utilizó el lenguaje de programación Python, junto con librerías de código abierto como OpenCV, pyttsx3, Selenium, pptx y speech_recognition.

• **Etapa 2: Validación con usuarios finales.**
Tras finalizar la etapa inicial, se planificó la aplicación de pruebas con dos personas sin miembros superiores. Se establecieron parámetros de caracterización como edad, género y nivel educativo, con el fin de evaluar la usabilidad en condiciones reales. Esta etapa corresponde al segundo año de investigación y tiene como objetivo generar indicadores para valorar la funcionalidad del software en cuanto a facilidad de uso, autonomía y adaptabilidad.

Durante el primer año de investigación, el trabajo se centró en la construcción y validación preliminar del

software. Esta fase se orientó bajo el enfoque de inclusión digital, entendida como el acceso equitativo y efectivo a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) por parte de todos los sectores de la sociedad, en especial aquellos históricamente excluidos. En concordancia con lo planteado por la UNESCO (2019) y el Global Education Monitoring Report (Team, 2018), la accesibilidad tecnológica se reconoce como un componente esencial del derecho a la educación, el trabajo y la participación ciudadana.

El sistema se diseñó para ejecutarse en entornos Windows y Linux, requiriendo una cámara integrada o USB y un micrófono interno o externo, ambos previamente reconocidos por el sistema operativo. Esta decisión técnica responde a la necesidad de garantizar la adaptabilidad del software a diferentes configuraciones de hardware, ampliando así sus posibilidades de uso.

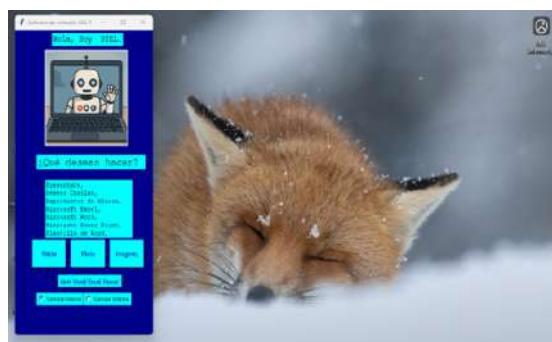
La validación de la etapa 1 fue realizada directamente por el investigador en un ambiente controlado, lo que permitió identificar fortalezas y áreas de mejora antes de su implementación con usuarios finales. El sistema quedó listo para avanzar hacia la etapa 2, en la cual se prevé trabajar con dos personas sin miembros superiores. En esta fase se establecerán indicadores para evaluar la funcionalidad del software en términos de facilidad de uso, nivel de autonomía, adaptabilidad y satisfacción del usuario.

Etapa 1: Obtención del software e interfaz inicial.

El software SIEL se carga de manera automática al iniciar el sistema operativo, quedando en espera de órdenes por voz o detección de rostro. Como se observa en la Figura 1, la interfaz incluye un menú de interacción con botones de control por voz y gestos, así como accesos directos a archivos y opciones de configuración de cámara. Una vez activado, el sistema inicia un proceso de diálogo con el usuario, guiando paso a paso las acciones solicitadas. Por ejemplo, si el usuario pronuncia el comando “Word”, el asistente abre automáticamente un documento en Microsoft Word, permite dictar texto y finalmente guarda el archivo con un nombre predefinido que incluye la fecha y hora de creación.

Figura 1.

Interfaz del software SIEL v1. El sistema se carga con el inicio del sistema operativo y queda a la espera de órdenes por voz o gestos visuales.



Entre las tecnologías más relevantes empleadas destacan:

- Reconocimiento de voz, encargado de convertir comandos hablados en acciones digitales.
- Visión por computador, que interpreta movimientos y gestos faciales a través de la cámara.
- Interacción multimodal, que combina diversas formas de entrada (voz, imagen, tacto) para ampliar las posibilidades de accesibilidad (Yuan et al., 2023).

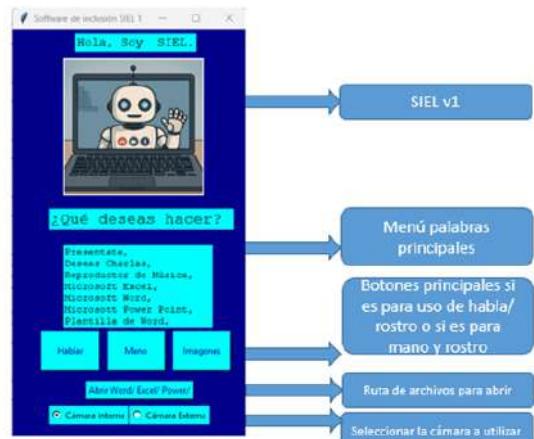
Resultados

El prototipo del software SIEL demostró ser funcional en ambientes controlados, permitiendo la interacción con la computadora mediante comandos de voz y gestos faciales o manuales. El sistema ejecutó satisfactoriamente acciones básicas como abrir documentos de Word y Excel, activar el navegador, reproducir música o video, utilizar la cámara y realizar búsquedas por voz. Las órdenes fueron reconocidas con una tasa de precisión aceptable bajo condiciones óptimas de iluminación y sonido. Asimismo, la interfaz evidenció buena adaptabilidad para usuarios sin experiencia tecnológica.

Como se observa en la Figura 2, el programa incluye un avatar de SIEL, un cuadro de diálogo con las palabras reservadas, y botones de control por voz y mano. Además, dispone de accesos para abrir archivos creados (Word, Excel, PowerPoint), imágenes, audios y videos, así como la configuración de cámara interna o USB.

Figura 2.

Estructura visual del software SIEL, mostrando avatar, cuadro de diálogo y accesos principales.



Para su óptimo funcionamiento mediante micrófono, el software SIEL reconoce palabras en español de manera general. No obstante, en su algoritmo se estableció una regla fundamental: al mencionar la palabra clave “SIEL”, el sistema queda en espera durante 30 segundos para recibir una orden específica. Por ejemplo:

- Usuario: “SIEL, presentate”.
- SIEL: “Hola, soy SIEL, tu asistente. Conmigo puedes interactuar con tu computadora...”.

En su versión de la Etapa 1, el prototipo incorporó un conjunto de comandos predeterminados que facilitaron la interacción autónoma. Estos se clasifican en cuatro categorías principales:

1. Comandos informativos y de inicio de interacción

- “Presentate”: permite que SIEL informe sobre su versión y capacidades.
- “Hola” y “Adiós”: reinician o finalizan la sesión de interacción.
- “Hora” y “Fecha”: notifican en audio la hora y fecha actuales.

2. Ofimática y plantillas

- “Word”: abre un documento en Microsoft Word, dicta el texto y guarda el archivo automáticamente.
- “Excel”: abre una hoja de cálculo y ofrece cuatro plantillas predefinidas (oficina, columnas arbitrarias, estadísticas simples y estadísticas con gráficos).
- “PowerPoint”: activa una presentación con tres plantillas disponibles.
- “Plantilla de Word”: habilita modelos predeterminados y guía el llenado paso a paso por dictado.

3. Multimedia y captura de datos

- “Música” y “Video”: abren los reproductores principales del sistema.
- “Cámara”: activa la cámara del equipo (interna o USB), con opción de tomar fotografías o grabar videos.
- “Imagen”: abre la carpeta de imágenes del sistema operativo.
- “Juegos”: inicia el juego predeterminado instalado en la computadora.
- “Calculadora”: abre la calculadora del sistema operativo.

4. Navegación en internet y redes sociales

- “Internet” y “Buscar”: activan el navegador predeterminado (Microsoft Edge), permitiendo búsquedas por voz.
- “Facebook”, “YouTube” y “TikTok”: acceden directamente a estas plataformas, siempre que las credenciales hayan sido registradas previamente en el equipo.
- “Charlas”: abre WhatsApp Web, donde SIEL solicita el contacto, mensaje y tiempo de envío, aunque la vinculación inicial debe realizarse manualmente.
- “Otros”: permite añadir palabras personalizadas según las necesidades del usuario.

En cuanto a la activación de dispositivos externos, la Figura 3 muestra la cámara encendida a través de comandos de voz. El sistema admite múltiples cámaras (integradas o externas), siempre que hayan sido configuradas previamente. Para el reconocimiento de gestos, la cámara se activa automáticamente al deshabilitar la opción de control por mano, interpretando el rostro como un sustituto del teclado.

Figura 3.

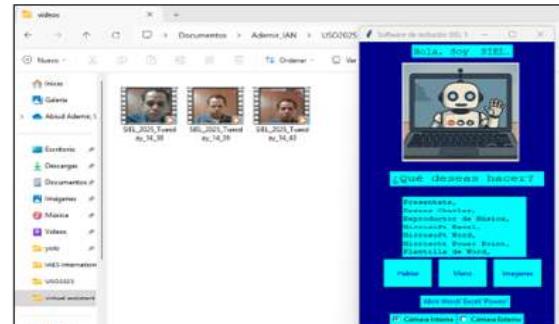
Cámara activada por medio de comando de voz en el software SIEL. El sistema admite varias cámaras, aunque requiere configuración previa para su uso correcto.



En relación con la captura de imágenes y video, el software permitió grabar en tiempo real mediante comandos de voz. Como se observa en la Figura 4, los archivos generados fueron almacenados automáticamente en rutas predefinidas, con nombres que incluían la fecha y hora de creación, lo que asegura la trazabilidad de los registros.

Figura 4.

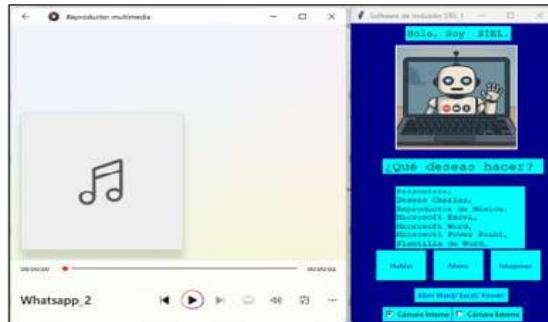
Captura de videos en tiempo real por medio de voz.



En el ámbito multimedia, el sistema demostró su capacidad para gestionar aplicaciones nativas del sistema operativo. La Figura 5 muestra el reproductor de música activado por voz, cuya sesión de escucha se interrumpe automáticamente al abrir el programa y se reactiva al presionar los botones de “hablar” o “mano”.

Figura 5.

Reproductor de música activado por comando de voz. La opción de escucha se ajusta automáticamente durante la reproducción.

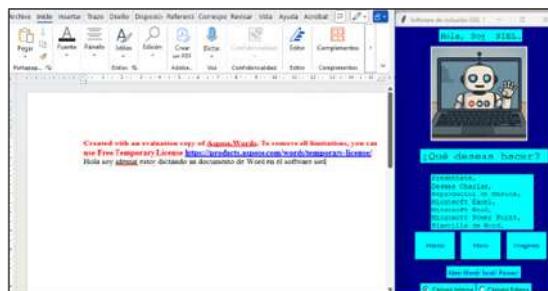


La figura 5 muestra el reproductor predeterminado por la computadora activado por el software SIEL, el cual al abrir el software de música y desactiva la opción de escuchar se activará hasta presionar el botón de hablar o mano.

La funcionalidad ofimática se consolidó como uno de los aportes más relevantes del software. En la Figura 6 se observa un documento de Word abierto mediante la orden de voz “Word”. El asistente guía al usuario durante la redacción por dictado y guarda el archivo de forma automática con fecha y hora, lo que garantiza la organización documental.

Figura 6.

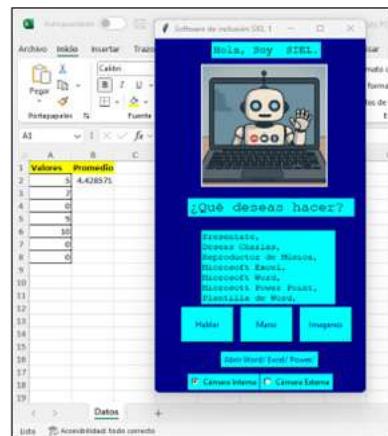
Documento de Microsoft Word abierto y editado por dictado de voz. El archivo se guarda automáticamente con fecha y hora.



De manera similar, la Figura 7 presenta una hoja de cálculo en Excel, donde el usuario selecciona entre cuatro plantillas predeterminadas. El asistente ofrece instrucciones en audio que facilitan el llenado de datos, confirmando así la adaptabilidad del sistema para tareas administrativas y estadísticas.

Figura 7.

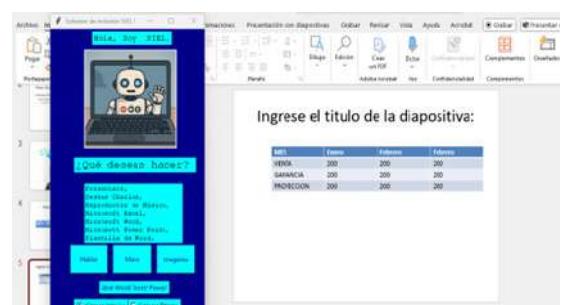
Plantillas de Excel abiertas por voz, con opciones de uso guiadas por instrucciones auditivas.



En cuanto a presentaciones, la Figura 8 evidencia la integración con PowerPoint. El usuario puede elegir entre tres plantillas mediante comandos de voz, mientras el asistente proporciona orientación paso a paso en la creación de diapositivas.

Figura 8.

Presentación de Microsoft PowerPoint creada a partir de plantillas predeterminadas, activada por comandos de voz.



La navegación y conectividad digital también fueron validadas. Como muestra la Figura 9, el sistema permitió el acceso a plataformas sociales como Facebook, TikTok, YouTube, Telegram, Instagram y WhatsApp, ya sea por gestos o comandos de voz. Cabe señalar que, por motivos de seguridad, las credenciales de usuario deben registrarse previamente en el equipo.

Figura 9.

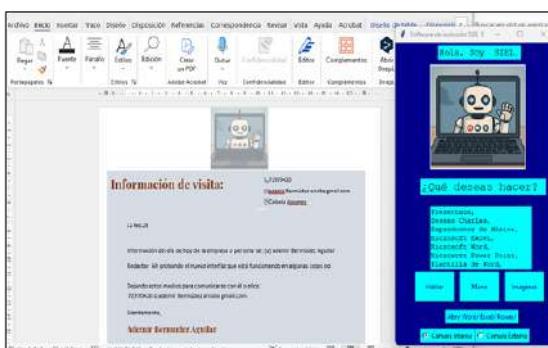
Acceso a redes sociales mediante comandos de voz o gestos. Requiere registro previo de credenciales.



El asistente integró además plantillas predeterminadas de Word para uso en oficina. En la Figura 10 se observa cómo el sistema guía al usuario en el llenado de documentos, línea por línea, mediante dictado por voz. Esta opción resultó especialmente valiosa para la creación de informes estructurados sin necesidad de teclado.

Figura 10.

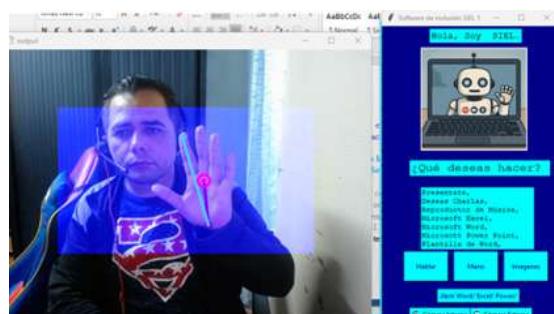
Plantilla de Word completada mediante dictado por voz, con orientación paso a paso del asistente.



Finalmente, el software incorporó una funcionalidad alternativa para personas con movilidad parcial de extremidades. Como se aprecia en la Figura 11, el control por mano permite mover el cursor y manipular la computadora mediante movimientos de brazo o mano, aun cuando no exista movilidad en los dedos. Esta característica amplía las posibilidades de accesibilidad, ofreciendo una opción complementaria al control por voz y gestos faciales.

Figura 11.

Control por mano implementado como alternativa de accesibilidad para usuarios con movilidad parcial de extremidades.



Discusión

La investigación presentada se centró en la Etapa 1 del desarrollo del software SIEL, en la cual se diseñó y validó el prototipo en condiciones controladas, sin la participación directa de usuarios finales sin miembros superiores. A pesar de esta limitación, los resultados preliminares ofrecen evidencia relevante sobre la viabilidad técnica del sistema y su potencial como herramienta de inclusión digital.

En primer lugar, los hallazgos sugieren que el uso combinado de visión por computador y reconocimiento de voz constituye una alternativa eficaz para superar barreras de accesibilidad tecnológica en personas con discapacidades motoras severas. Esta conclusión coincide con estudios previos que demuestran el valor de las interfaces multimodales en la interacción humano-computadora, particularmente en usuarios con ausencia de miembros superiores (Ferrín-Bolaños et al., 2021; Yuan et al., 2023). Dichas tecnologías no solo facilitan la ejecución de tareas cotidianas, sino que también amplían las posibilidades de autonomía en entornos académicos y laborales.

La investigación presentada se centró en la Etapa 1 del desarrollo del software SIEL, en la cual se diseñó y validó el prototipo en condiciones controladas, sin la participación directa de usuarios finales sin miembros superiores. A pesar de esta limitación, los resultados preliminares ofrecen evidencia relevante sobre la viabilidad técnica del sistema y su potencial como herramienta de inclusión digital.

En segundo lugar, la elección de Python como lenguaje de programación, junto con el uso de bibliotecas de código abierto como OpenCV, speech_recognition y mediapipe, favoreció el diseño de un prototipo escalable y personalizable. La flexibilidad de estas herramientas permitió integrar funciones diversas (ofimática, multimedia, navegación en internet, redes sociales) en una misma plataforma. Este aspecto técnico es relevante porque refuerza la posibilidad de que SIEL evolucione hacia versiones más complejas sin depender de software propietario, lo que responde a la necesidad de soluciones sostenibles en contextos de recursos limitados como el salvadoreño (UNESCO, 2019).

Otro aspecto a destacar es que la prueba controlada evidenció un grado de adaptabilidad aceptable en condiciones óptimas de luz y sonido. Aunque aún no se han realizado evaluaciones con usuarios finales, el desempeño inicial del sistema respalda la hipótesis de que SIEL puede convertirse en una herramienta efectiva para la reducción de brechas digitales. Esto se vincula con el World Report on Disability de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2011), que enfatiza la importancia de diseñar tecnologías accesibles para garantizar el derecho a la educación, el trabajo y la participación social.

No obstante, es necesario reconocer que la Etapa 1 se limita a un contexto experimental reducido. Para fortalecer la validez del software, la Etapa 2 de la investigación prevé la creación de indicadores de desempeño (precisión en el reconocimiento de voz y gestos, tiempo de respuesta, facilidad de uso, satisfacción del usuario) y su aplicación en pruebas con al menos dos personas sin miembros superiores. Este paso permitirá no solo validar técnicamente el sistema, sino también identificar ajustes necesarios para su implementación en entornos reales, en concordancia con las recomendaciones internacionales sobre accesibilidad digital (United Nations, 2018).

En síntesis, la discusión de resultados sugiere que SIEL representa un avance significativo en el diseño de soluciones inclusivas mediante tecnologías accesibles, aunque su impacto real dependerá de la validación con usuarios finales y de la incorporación de mejoras derivadas de dicha interacción.

Conclusiones

La Etapa I de la investigación se centró en el diseño y desarrollo del software SIEL, lo que constituye un avance significativo en la búsqueda de soluciones inclusivas mediante tecnologías accesibles. El trabajo realizado permitió validar el prototipo en condiciones controladas, demostrando que la combinación de reconocimiento de voz, visión por computador e interacción multimodal puede aplicarse eficazmente en el diseño de sistemas destinados a personas sin miembros superiores.

Los resultados preliminares muestran que el software es funcional y adaptable, lo cual confirma la pertinencia de utilizar herramientas de programación abiertas y flexibles, como Python y sus librerías asociadas, para generar soluciones escalables en contextos de recursos limitados. Este hallazgo se alinea con la necesidad de promover la inclusión digital a través de tecnologías sostenibles, accesibles y de bajo costo.

Actualmente, SIEL se encuentra preparado para avanzar a la Etapa II, que contempla la validación con usuarios finales y la construcción de indicadores de desempeño orientados a medir su precisión, facilidad de uso, adaptabilidad y grado de autonomía que ofrece a las personas sin miembros superiores. Esta fase será crucial para identificar mejoras y garantizar la eficacia del sistema en entornos reales de uso educativo y laboral.

Finalmente, la investigación no solo aporta un prototipo tecnológico, sino que también abre la posibilidad de establecer alianzas institucionales y gubernamentales que integren el software en políticas de inclusión tecnológica. En este sentido, SIEL se proyecta como una herramienta con potencial de impacto social, capaz de contribuir a la reducción de brechas digitales y al ejercicio pleno de derechos fundamentales como la educación y el trabajo.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad de Sonsonate.

Referencias

Abarca, M. (2025). El Salvador creará la Agencia Nacional de Inteligencia Artificial. Diario El Salvador. <https://diarioelsalvador.com/el-salvador-creara-la-agencia-nacional-de-inteligencia-artificial/621883/>

Alas, S. (2022, junio 20). MINED invirtió \$120 millones en laptops y tabletas para estudiantes en 2022. La Prensa Gráfica. <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/MINED-invirtio-120-millones-en-laptops-y-tabletas-para-estudiantes-en-20220620-0039.html>

Ferrín-Bolaños, C., Mosquera-DeLaCruz, J., Pino-Murcia, J., Moctezuma-Ruiz, L., Burgos-Martínez, J., Aragón-Valencia, L., & Loaiza-Correa, H. (2021). Interfaz humano-computador basada en gestos faciales y orientada a la aplicación WhatsApp para personas con limitación motriz de miembros superiores. *TecnoLógicas*, 24(50), e1722. <https://doi.org/10.22430/22565337.1722>

Lane, M., & Saint-Martin, A. (2021). The impact of Artificial Intelligence on the labour market: What do we know so far? OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/7cfcb7-en>

United Nations. (2018). Disability and development report: Realizing the Sustainable Development Goals by, for and with persons with disabilities. United Nations. <https://social.un.org/publications/UN-Flagship-Report-Disability-Final.pdf>

UNESCO. (2019). Global education monitoring report 2019: Migration, displacement and education – summary. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265996>

Yuan, Z., He, S., Liu, Y., & Yu, L. (2023). MEinVR: Multimodal interaction techniques in immersive exploration. *Visual Informatics*, 7(3), 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2023.06.001>

Compliance electoral como base para fortalecer el sistema democrático en El Salvador

Electoral Compliance as a Foundation for Strengthening the Democratic System in El Salvador

Ruth Eleonora López Alfaro

Universidad de La Habana

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0415-7234>

ruthlopezalfaro@gmail.com

Enviado: 07 de marzo de 2025

Aceptado: 26 de mayo de 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

El presente documento explica la posibilidad de implantar un sistema de *compliance* electoral para partidos políticos en El Salvador. Para ello, se parte del concepto de *compliance* desde sus orígenes y las razones principales de su uso: lograr el cumplimiento normativo a partir de autorregulación para prevenir riesgos. En ese sentido, se expone que un sistema de *compliance* puede ser útil a cualquier tipo de organización respecto de cualquier tipo de objetivos que sean trazados para ello. De allí que se realiza un análisis de los partidos políticos salvadoreños como organizaciones con naturaleza *sui generis* pero que poseen una regulación determinada que les impone responsabilidades y obligaciones. Empero, los partidos políticos salvadoreños se han caracterizado por su falta de cumplimiento, lo que ha provocado en buena medida la desconfianza de parte de un importante porcentaje de la ciudadanía. Por ello, el presente documento propone la creación de un sistema de *compliance* electoral que no se limite a combatir y prevenir los riesgos que tradicionalmente han abordado los programas de *compliance*, sino que busca generar en los institutos políticos una cultura de cumplimiento en todos los ámbitos de su funcionamiento, a fin de robustecerlos, que recobren la confianza en la ciudadanía y que sean un factor fortaleza e integridad del sistema democrático.

Abstract

This document examines the possibility of implementing an electoral compliance system for political parties in El Salvador. To this end, it begins with the concept of compliance, tracing its origins and the main reasons for its application: achieving regulatory adherence through self-regulation as a means of risk prevention. In this regard, it argues that a compliance system can be valuable for any type of organization, regardless of the objectives established for it. Accordingly, an analysis is conducted of Salvadoran political parties, understood as organizations of a *sui generis* nature, yet subject to specific regulations that impose upon them both responsibilities and obligations. Nonetheless, Salvadoran political parties have been characterized by their persistent lack of compliance, which has largely generated distrust among a considerable segment of the citizenry. For this reason, the document proposes the creation of an electoral compliance system that not only addresses and prevents the risks traditionally considered by compliance programs, but also seeks to instill a culture of compliance within political institutions across all dimensions of their operations. This, in turn, will strengthen these organizations, help restore public confidence, and contribute to reinforcing the integrity and resilience of the democratic system.

Palabras clave

Sistema electoral, partidos políticos, compliance, sistema de gestión de cumplimiento.

Keywords

Electoral system, political parties, compliance, compliance management system

Introducción

La calidad de una democracia no se reduce a la celebración periódica de elecciones, sino que depende —de manera decisiva— de la fortaleza institucional de los actores que intervienen en ellas. Entre estos, los partidos políticos ocupan un lugar central: median entre ciudadanía y Estado, organizan la competencia, estructuran la representación y canalizan la formación de gobiernos. En El Salvador, sin embargo, su desempeño ha sido objeto de críticas persistentes por déficits de transparencia, debilidades en la democracia interna y una inercia de incumplimientos que han erosionado la confianza pública, justo cuando la región atraviesa un ciclo de recesión democrática. Esta brecha entre mandato constitucional y práctica efectiva habilita una pregunta de política jurídica: ¿puede un sistema de gestión de cumplimiento (compliance) —diseñado para prevenir riesgos y asegurar obligaciones— operar como palanca para reencauzar el comportamiento partidario y fortalecer el sistema democrático?

El compliance nace en el ámbito corporativo como respuesta regulatoria y autorregulatoria frente a riesgos legales y éticos. Su traslación al espacio público (public compliance) ha mostrado que los principios de prevención, detección y reacción son adaptables a organizaciones cuya finalidad no es lucrativa, pero sí intensamente regulada, como los partidos. La ductilidad del enfoque —sumada a marcos de estandarización internacional (p. ej., ISO 37301:2021 sobre sistemas de gestión de cumplimiento e ISO 37001 sobre antisoborno)— permite concebir un Sistema de Gestión de Compliance (SGC) electoral adecuado a las obligaciones específicas de los institutos políticos salvadoreños: régimen de democracia interna, financiamiento y rendición de cuentas, transparencia y acceso a la información, inscripción y vida jurídica, así como cumplimiento de reglas en contienda electoral.

El ordenamiento salvadoreño ofrece un punto de partida claro: la Constitución (arts. 72, 77, 81, 82 y 209, entre otros) y la Ley de Partidos Políticos (LPP) establecen deberes, garantías y controles que el Tribunal Supremo Electoral debe hacer cumplir. La reforma constitucional del 12 de febrero de 2025, que suprimió el antiguo art. 210 sobre deuda política, reabre el debate acerca del diseño del financiamiento y su control, dotando de mayor relevancia a los mecanismos internos de trazabilidad, auditoría y publicidad de ingresos y gastos. En este marco, la carencia no es tanto normativa como

organizacional y cultural: sin sistemas internos que integren evaluación de riesgos, protocolos, roles definidos, canales de denuncia protegidos y auditoría continua, las obligaciones legales permanecen como mandatos formales de cumplimiento incierto.

Este artículo sostiene la tesis de que un SGC electoral, articulado a la medida de los partidos políticos salvadoreños, es condición para restaurar la confianza ciudadana y para dotar de efectividad a las reglas existentes. Para ello, se propone un modelo de compliance que trasciende la lógica meramente sancionatoria y privilegia la construcción de cultura de cumplimiento: del “deber ser” normativo a rutinas verificables de gestión, con métricas, responsabilidades y mejora continua. La propuesta incorpora la figura del oficial de cumplimiento y un conjunto de instrumentos (política de compliance, mapas de riesgo, procedimientos, formación, régimen disciplinario y monitoreo) integrados con la arquitectura partidaria prevista por la LPP.

Metodológicamente, el trabajo realiza (i) una revisión conceptual del compliance y su expansión al ámbito público; (ii) un análisis normativo del estatuto constitucional-legal de los partidos en El Salvador y de los principales puntos de riesgo; y (iii) una propuesta de lineamientos para diseñar e implementar un SGC electoral, con límites, alcances y fases de ejecución. La estructura es la siguiente: el apartado 1 reconstruye el origen, concepto y elementos del compliance y su traslación al sector público; el apartado 2 examina el marco regulatorio y los déficits de cumplimiento de los partidos políticos en El Salvador; el apartado 3 formula los lineamientos de un SGC electoral aplicable al contexto salvadoreño; finalmente, se presenta una discusión sobre condiciones de viabilidad y se ofrecen conclusiones orientadas a política pública y reforma organizacional.

Desarrollo

Los partidos políticos en El Salvador son organizaciones consideradas *sui generis* por la jurisprudencia constitucional (Inc. 16-99, 2000), debido a que poseen una naturaleza esencial para el sistema democrático (Inc. 61-2009, 2010). Sin embargo, en la actualidad estas organizaciones no ofrecen su mejor versión en un contexto en el que las democracias latinoamericanas se encuentran en recesión y se registra un desplome su imagen (Corporación Latinobarómetro, 2023).

En ese contexto, se hace necesario lograr que estas instituciones cumplan con sus funciones (Caminal Badia, 2015), mediante la adopción de un sistema de gestión de cumplimiento que genere una cultura que garantice la realización de esas responsabilidades esenciales por parte de los partidos políticos. En esa lógica, el presente artículo pretende establecer los aspectos básicos para la construcción de tal sistema, partiendo de la experiencia del compliance o cumplimiento normativo.

¹Así lo menciona en el Considerando V.4. de la sentencia de la Inc. 16-99: "desde el punto de vista jurídico, los partidos políticos son personas jurídicas, pero no de Derecho Público, sino *sui generis*, pues son instrumentos de la democracia por medio de los cuales se coadyuva en la formación de la voluntad política".

²En el Considerando III.5.C. de la sentencia de la Inc. 61-2009 se señala: "En cuanto a la naturaleza jurídica de los partidos políticos, se ha dicho que son órganos que cumplen una función constitucional (la de contribuir a formar la voluntad política del pueblo), pero no son órganos del Estado. Son, más bien, grupos libremente formados que enraízan en la esfera sociopolítica, llamados, por ello, a cooperar en la formación de la voluntad política del pueblo y a incidir en la estatalidad institucionalizada. Debe recalcarse que, para que los partidos cumplan su función, es importante que se asienten sobre los valores de un orden democrático, libre y pluralista."

Para ello, se abordará el origen del compliance a fin de establecer la ductilidad de la figura y su adaptabilidad, y se describirá el funcionamiento de los partidos políticos salvadoreños, pilares fundamentales para desarrollar la forma de construir una propuesta de sistema de cumplimiento normativo electoral para los partidos políticos, como un presupuesto para el fortalecimiento del sistema democrático salvadoreño.

1. Origen y razón de los programas de cumplimiento normativo o compliance

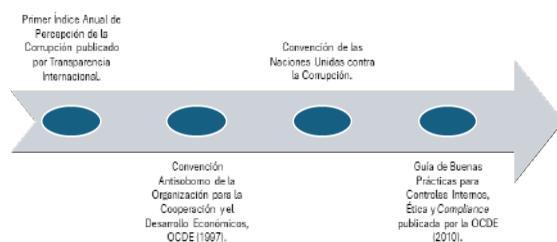
1.1. Origen del compliance

El concepto de compliance emerge en los Estados Unidos a comienzos del siglo XX, con la creación de las primeras agencias públicas de carácter regulatorio, para reglamentar ciertos sectores de la economía mediante la adopción de recomendaciones sobre buenas prácticas y la supervisión de su cumplimiento. A partir de los años 70, surge el criminal compliance, debido al auge del

cometimiento de actos ilícitos (corrupción, soborno y otros) por parte de las empresas (Bacigalupo, 2021), siendo uno de los casos más sonados el escándalo de Watergate (Chacón Carrasco, 2021), que expuso la influencia de los partidos políticos en el quehacer de las instituciones públicas.

A partir de esos sucesos históricos, inicia con mayor fuerza y presencia a nivel internacional la normativa relacionada con el compliance entre las que se pueden destacar la representadas en el Esquema 1.

Esquema 1. Evolución Internacional de la Normativa de Compliance



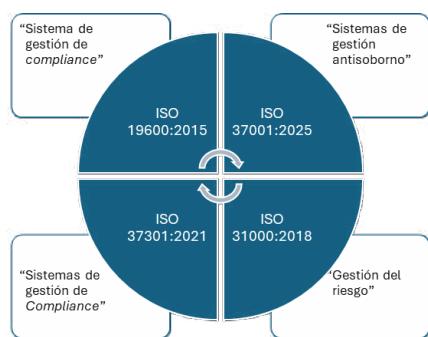
1.2. Concepto y elementos del compliance

El vocablo compliance (traducido al español como cumplimiento) es un término que proviene de la lengua inglesa y que de acuerdo con el Cambridge Dictionary significa: "the act of obeying a law or rule, especially one that controls a particular industry or type of work". Su traducción sería: "el acto de obedecer una ley o regla, especialmente una que controle una industria particular o tipo de trabajo". Tal como lo menciona Silvina Bacigalupo:

"El compliance, por tanto, alude a una particular orientación del fenómeno autorregulativo, que está compuesto por elementos de naturaleza heterogénea para la prevención, detección y reacción frente a la comisión de ilícitos, que tiene por fin último evitar que la empresa y sus miembros incurran en comportamientos contrarios a la ley y a los valores de la empresa. Los compliance programs (programas de compliance o de cumplimiento normativo) suponen por tanto la sistematización de tales herramientas o instrumentos al servicio de la prevención de hechos ilícitos." (González Bautista, 2023)

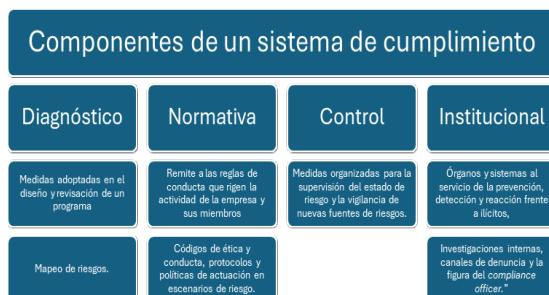
El desarrollo del cumplimiento normativo no es exclusivo del ámbito corporativo, sino que se ha ido expandiendo a ámbitos regulatorios. Y es que, para algunos autores, el compliance instaura una nueva cultura jurídica (Requena & Cárdenas Gutierrez, 2016), permitiendo la autorregulación. Para ello, es preciso establecer un sistema de gestión de cumplimiento normativo, el cual requiere de la realización de ciertos pasos o estándares, como lo muestra el Esquema 2.

Esquema 2. Normas de Estandarización para la Gestión del Cumplimiento Normativo



Son tres pilares fundamentales: prevención, detección y reacción frente a los ilícitos. Para su implementación es preciso realizar un diagnóstico que permita establecer los componentes que serán necesarios utilizar (González Bautista, 2023, pág. 50) y que se resumen en el Esquema 3.

Esquema 3. Componentes de los sistemas de cumplimiento



Fuente: elaboración propia a partir de los criterios de González Bautista

De las anteriores normas de estandarización se utilizarán dos para elaborar un sistema de gestión de cumplimiento (SGC): ISO 37301:2021 y ISO 37001:2025. Con base en ellas se pueden extraer los siguientes pasos para un buen SGC:

1) Establecer los límites o alcances y aplicabilidad del sistema de cumplimiento normativo:

a. Describir y explicar el contexto de la organización: los factores internos y externos relevantes para la finalidad del sistema (tamaño, estructura organizativa, sector de funcionamiento, naturaleza de las actividades, interacciones, stakeholders, obligaciones legales).

b. Definir las partes interesadas relevantes para la organización y para el sistema, así como las necesidades y expectativas requeridos por las partes.

c. Evaluar los riesgos a los cuales puede estar sometida la organización, así como la efectividad de los controles existentes.

d. Definir el alcance del sistema de gestión de cumplimiento normativo. Esta actividad requiere delimitar los ámbitos de acción del sistema, a saber: (i) material o las materias que serán objeto de cumplimiento; (ii) geográfico; (iii) operacional; (iv) la posibilidad de que el sistema sea único o esté integrado a otros programas o sistemas que servirán para delimitar el alcance.

2) Obtener el compromiso y el apoyo con la alta dirección para poder implementar y mantener el sistema de gestión de compliance. Justamente, un instrumento capaz de lograr eso es la política de compliance que representa el marco general del sistema (reglas, mística, valores, todo en consonancia con los objetivos).

3) Con base en lo anterior, se elaboran los instrumentos vitales para la puesta en marcha del SGC:

a. Descripción de los roles y responsabilidades.

b. Procedimientos de compliance o cumplimiento.

c. Delinear los mecanismos de identificación, gestión y control de riesgos: (i) la metodología, (ii) los controles de la organización, (iii) las reglas para asignación de recursos y gestión de riesgos (debida diligencia), (iv) mecanismos de reporte o denuncia.

d. Definir un sistema de comunicación y formación continua.

e. Régimen disciplinario interno.

f. Sistema de monitoreo y auditoría.

Todos estos elementos pueden ser aglutinados en varios documentos en dependencia de la coherencia que se pretenda establecer para los mismos e idealmente deben ser redactados de forma clara, precisa y adecuada a la naturaleza de la organización.

1.3. El compliance público

El compliance ha logrado un importante desarrollo y sobre todo una ductilidad que le permite adaptarse fácilmente a los objetivos que se pretendan cumplir. Algunos autores la temática abarcar el (i) compliance propiamente, (ii) el corporate governance o gobierno corporativo y (iii) la responsabilidad social empresarial o también denominada environmental, social responsibility and governance (Pampillo Baliño, 2021). Y es que, tal como lo señala el citado Pampillo Baliño: “tanto el cumplimiento, como el gobier–no corporativo y la responsabilidad social, aparecen precisamente en el lugar donde se produce la ‘intersección’ de sus tres ejes’ distintivos: la ‘regulación normativa’, la ‘responsabilidad’ y la ‘autorregulación’” (2021).

De hecho, en el sector público ha crecido la utilización de este tipo de mecanismos y herramientas para prevenir riesgos, lo que se denomina public compliance, acuñada por Adán Nieto y definida como una nueva estrategia anticorrupción en las administraciones públicas que consiste en “añadir a lo que se conoce como ética pública, los contenidos del cumplimiento normativo desarrollado por las empresas” (Nieto Martín & Maroto Calatayud, 2014). En consecuencia, el public compliance o cumplimiento normativo en la administración pública es un instrumento o un sistema de prevención de la corrupción dentro de las instituciones gubernamentales, con lo cual puede y debe de jugar un papel complementario con las regulaciones sobre ética pública. Por ello, la propuesta de este documento es un compliance integral para los partidos políticos que les permita revitalizarse sobre en sus relaciones dentro del sistema político. La implantación del compliance requiere necesariamente de un análisis de la organización u organizaciones a las que se pretende adoptar, en este caso los partidos políticos.

2. Los partidos políticos en El Salvador

2.1. Marco regulatorio de los partidos políticos salvadoreños

Los partidos políticos y el sistema de partidos encuentran fundamento en la Constitución de la República de El Salvador (1983) (en adelante Constitución o Cn), específicamente en el art. 85 incisos 2º y 3º. Asimismo, las siguientes disposiciones constitucionales regulan otros aspectos: (i) el derecho de asociarse para constituir partidos políticos o ingresar a los ya constituidos (art. 72 ord. 2º Cn); (ii) el derecho de vigilancia sobre el registro electoral (art. 77 inc. 2º Cn); (iii) el derecho de propaganda electoral (art. 81 Cn); (iv) la prohibición a ministros de cultos religiosos, miembros de la Fuerza Armada y de la Policía Nacional Civil de pertenecer a partidos políticos (art. 82 Cn); (v) el derecho que poseen integrar los organismos electorales temporales y de vigilar el proceso electoral (art. 209 Cn); y, antes de la reforma a la Constitución del 12 de febrero de 2025 que derogó el art. 210 Cn, también se contemplaba en dicha disposición el derecho constitucional a la deuda política, que se refiere al financiamiento público al que tiene derecho los partidos.

La legislación secundaria está integrada por las siguientes regulaciones: Código Electoral, Ley de Partidos Políticos, Disposiciones para la Postulación de Candidaturas No Partidarias en las Elecciones Legislativas, Ley del Especial para el Ejercicio del Sufragio en el Extranjero y la Ley Especial para la Reestructuración Municipal. Ahora bien, el marco normativo obligatorio de los partidos políticos se encuentra principalmente en la LPP y el Reglamento de la Ley de Partidos Políticos (RLPP), siendo el TSE el encargado de verificar o exigir su cumplimiento.

2.2. La falta de cumplimiento de las responsabilidades de los partidos políticos en El Salvador

El actual sistema de partidos políticos en El Salvador tiene un poco más de 30 años de funcionamiento, desde los Acuerdos de Paz de 1992. Desde entonces, El Salvador ha intentado desarrollar una institucionalidad electoral que asuma los retos provenientes del proceso de consolidación de la democracia. Sin embargo, los partidos políticos – actores fundamentales del sistema – han sido valorados por la población como maquinarias de intereses grupales que no representan los intereses de la ciudadanía, aunque dicha percepción haya cambiado más recientemente por la mejora en la seguridad (LAPOP Lab, 2023).

Y a pesar de ello, cabe resaltar que Nuevas Ideas, el partido político predominante del sistema, ha incumplido sus obligaciones en materia de transparencia y acceso a la información (Acción Ciudadana, 2021), incluso ante requerimientos de la autoridad electoral (Acción Ciudadana, 2022).

Por ello es que se intentará delinear desde la regulación pertinente las obligaciones que los institutos políticos deben cumplir como parte de un sistema de cumplimiento normativo en materia electoral.

3. Formulación de un sistema de gestión de compliance electoral para los partidos políticos en El Salvador

3.1. Límites y alcances de un SGC electoral

Tal como se ha podido observar en el apartado anterior, el sistema de partidos políticos salvadoreño arrastra desde su génesis una falta de cumplimiento de sus obligaciones, tanto las legales como aquellas provenientes de su naturaleza especial y sui generis, al ser elementos esenciales de cualquier democracia representativa moderna. Por ello, es importante crear un marco normativo que infunda una cultura de cumplimiento de los partidos políticos en las materias donde poseen obligaciones legales, para lo cual estas se desglosan a continuación.

a. Constitución e inscripción de partidos políticos

La LPP regula el proceso de creación de un partido político (art. 72 ordinal 2º Cn), que se encuentra regulado desde el art. 6 LPP hasta el 19 LPP y en los artículos 8 al 50 del Reglamento de la Ley de Partidos Políticos (RLPP). El proceso se divide en dos etapas: (i) la constitución del partido político que requiere de la voluntad en escritura pública de al menos 100 ciudadanos, cumpliendo los requisitos del art. 6 LPP, para luego recolectar al menos 50,000 respaldos de ciudadanos, que serán debidamente verificados por el Registro Electoral; y (ii) la solicitud de inscripción que debe de cumplir los requisitos del art. 13 LPP. En la Tabla siguiente se establecen las disposiciones legales donde se encuentran normadas cada una de las referidas temáticas.

Tabla 1.

Cambios producidos en los estatutos de los partidos legalmente constituidos a la entrada en vigor de la LPP.

Temática	Contenido obligatorio	Artículos
Aspectos Generales	Denominación y símbolos partidarios Principios, objetivos y visión del país	Art. 32 a, relacionado al Art. 8 Art. 32 b
Organización interna	Régimen interno Organismos, su forma de elección, duración, plazos y facultades Descripción de la estructura organizativa interna Requisitos para tomar decisiones internas válidas. (Quórum) Obligatoriedad de la existencia de organismos: - Deliberativos en el que estén representados todos sus miembros - Que velen por la ética y los procedimientos electivos internos - Para la solución de controversias internas Procedimiento de reforma del estatuto Condiciones para las coaliciones, fusiones y cancelación Disposiciones para la disolución del partido	Art. 31 Arts. 31 y 32 Art. 32 c) Art. 32 d) Art. 32 inc. 2 Art. 32 inc. 3 Art. 30 Art. 33 Art. 39 in fine, 44 y 47 Art. 32 j Art. 33 Art. 39 in fine, 44 y 47 Art. 32 j
Derechos y deberes de los miembros.	Requisitos y mecanismos para la afiliación y desafiliación de los miembros Derechos y obligaciones de los afiliados Régimen disciplinario: sanciones, procedimientos (debido proceso), recursos, doble instancia	Art. 29 b y Art. 32 e) Art. 31 y Art. 32 f) Art. 31 y 32 g)
Postulación a cargos de elección popular y cargos directivos	Requisitos y procedimientos para precandidaturas y candidaturas a cargos de elección popular, organismos de dirección y autoridades partidarias Establecer procedimientos para promover la participación de mujeres y jóvenes en sus órganos de dirección y en las candidaturas a cargos de elección popular La regulación de la designación de los representantes legales	Arts. 29 c y d, 21 f, 22 b, 32 y 36 a y b) Art. 22 h y 37 Art. 32 i)
Régimen patrimonial	El régimen patrimonial y financiero Reglamentación de recaudación de dinero Llevar contabilidad formal y contar con una auditoría interna en los períodos de gestión, sobre el uso de recursos propios y los obtenidos con financiamiento público	Art. 32 h) Art. 64 in fine Art. 22 f)

Fuente: elaboración propia a partir de los criterios de González Bautista

En consecuencia, a partir de la inscripción, todo instituto político debe de atenerse a las reglas que rigen su ámbito interno, tanto como persona jurídica como para las personas que forman parte de la organización.

b. Cancelación de partidos políticos

La cancelación de los partidos políticos está regulada en el Título V, en los arts. 47 a 49 LPP y del 70 al 79 RLPP. La primera clase de causales de cancelación están relacionadas con diferentes acciones partidarias que tienen impacto en su vida legal: disolución, fusión, uso de entidades estatales para su propaganda y la participación en la comisión del delito de fraude electoral siempre que sea establecido en un debido proceso en sede penal. Este último supuesto es relevante puesto que implica el establecimiento de responsabilidad penal para el partido político como persona jurídica. La segunda clase de cancelaciones son consecuencia directa de los procesos electorales: no participar en dos elecciones consecutivas del mismo tipo y, para el caso exclusivo de elecciones legislativas, no alcanzar un número mínimo de votos o escaños, de acuerdo con las reglas previstas en los literales c) y g) del art. 47 LPP.

c. Democracia interna

El régimen de democracia interna regulado en la LPP comprende: los derechos, obligaciones y prohibiciones que poseen los partidos políticos (arts. 21 al 23 LPP); los asuntos internos en su relación con sus afiliados, su autogobierno (arts. 28 al 36 LPP); así como la elección de autoridades internas y de candidaturas partidarias a cargos de elección popular (arts. 37 al 38 LPP). Los partidos tienen los derechos que pueden ser verificados en la Tabla 2.

Tabla 2.

Derechos de los Partidos Políticos

Periodo	Derechos
En todo Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> a) Participar y ejercer el poder político dentro del marco constitucional vigente; b) Participar lícita y democráticamente en los asuntos públicos y de gobierno ; c) Formular su ideario, programas y planes que reflejen sus propuestas para el desarrollo nacional, y dar a conocerlo y promoverlo; d) Vigilar la elaboración, organización, publicación y actualización del registro electoral (Art. 77 Cn); e) Recibir financiamiento privado;

Periodo	Derechos
En todo Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> f) Regular sus procesos internos para elegir y postular candidatos y autoridades partidarias; y g) Tener uso exclusivo de su simbología partidaria
Durante el proceso electoral	<ul style="list-style-type: none"> a) Postular candidaturas en todas las elecciones b) Ejercer la vigilancia permanente de la preparación y desarrollo del proceso electoral, a través de la JVE y de los representantes legales; c) Desplegar la vigilancia temporal durante la jornada electoral, mediante los vigilantes acreditados ante las Juntas Receptoras de Votos; d) Ejercer la propaganda electoral en la promoción de sus propuestas seleccionadas a partir de las elecciones internas y a denunciar la que le perjudique; e) Participar de la franja electoral gratuita; f) Integrar coaliciones; y g) Fusionarse con otros partidos.

Fuente: elaboración propia a partir de los criterios de González Bautista

Los partidos tienen varias obligaciones que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3.

Obligaciones de Partidos Políticos

Ámbito	Obligaciones
Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> a) Ajustar su organización, funcionamiento y actividad a los principios democráticos y a lo dispuesto en la Constitución y las Leyes; b) Respetar sus estatutos para la elección de los organismos de dirección y definición de mecanismos para la postulación de candidaturas a cargos de elección popular; c) Promover la defensa del sistema republicano, democrático y representativo de gobierno sin que puedan promover la reelección presidencial consecutiva; d) Llevar un registro de miembros o afiliados, el cual deberá actualizarse periódicamente según sus estatutos partidarios y reglamentos
Promoción de valores democráticos	<ul style="list-style-type: none"> a) Cumplir y velar porque se cumpla la Constitución; b) Actuar dentro del marco legal vigente; c) Promover una cultura de paz, valores cívicos y el goce de las garantías constitucionales; d) Promover la participación de mujeres y jóvenes en sus órganos de dirección y en las candidaturas a cargo de elección popular.

Ámbito	Obligaciones
Buena gestión	<p>a) Llevar contabilidad formal y contar con una auditoría interna en los períodos de gestión conforme a sus estatutos, sobre el uso de su patrimonio propio, y de los fondos obtenidos del financiamiento público y privado</p> <p>b) Poner a disposición de la ciudadanía los financieros y montos recibidos de las donaciones</p>
Éticas	<p>a) Utilizar únicamente su denominación, emblema, color o colores para su promoción;</p> <p>b) Respetar el honor, la intimidad personal y la propia imagen de los candidatos de otro partido político y de sus familiares</p> <p>c) No utilizar los símbolos patrios en su publicidad y propaganda electoral.</p>

Fuente: elaboración propia a partir de los criterios de González Bautista

En consecuencia, cada partido político tiene estatutos e instructivos de elección y recaudación de fondos que deben atender a las obligaciones establecidas en la Ley. Los primeros son verificados por el TSE previo a su registro e inscripción de modificaciones, mientras que los segundos solo entran a conocerse cuando hay una controversia entre personas miembros de la integración partidaria y, los terceros, ante un proceso de verificación del financiamiento privado por el TSE.

d. Financiamiento político

El financiamiento de los partidos políticos es otra temática regulada en la LPP (Título VI arts. 50 al 59). Constitucionalmente, hasta 2025, el sistema salvadoreño de financiamiento de la política era mixto (público o privado) según el origen de sus fuentes (art. 51 LPP); sin embargo, actualmente la deuda política ya no es un derecho constitucionalmente reconocido, pero sigue estando regulada en la LPP.

Dentro de la LPP se regulan de forma insuficiente cuáles son los montos máximos permitidos para el financiamiento privado (arts. 65 y 66 LPP). También se han dispuesto infracciones relacionadas con fuentes prohibidas (art. 67 LPP) y otra clase de situaciones (art. 68 LPP). Además, se regula el acceso a los medios de comunicación públicos como una forma de financiamiento público y que permite garantizar la equidad en la contienda, al menos en cuanto al acceso a dichos medios (art. 60 al 62 LPP).

El registro del financiamiento es una de las principales obligaciones, sin embargo, no hay reglas específicas

para la contabilidad de los partidos políticos, por lo que se convierte en un punto relevante de regulación en un sistema de cumplimiento normativo y con este la posibilidad de controlar con transparencia el financiamiento hacia las candidaturas.

e. Mecanismos de rendición de cuentas (RdC) de los partidos políticos

En cuanto al sistema de rendición de cuentas o accountability del sistema de partidos políticos, cabe señalar que existen tres aspectos, además del financiamiento, sujetos a control y que deben ser incluidos en un sistema de gestión de cumplimiento, a saber: (1) democracia interna, (2) transparencia y (3) acceso a la información pública. Los tres aspectos fueron revisados por la jurisprudencia constitucional (Inc. 43-2013, 2014).

i. Control de la democracia interna

Existe un mecanismo de control interno que poseen los afiliados a los partidos políticos y que establece el art. 30 LPP. Se trata de la solución de controversias que busca garantizar una vía de solución de asuntos internos institucionalizada en el organigrama de cada uno de los partidos políticos. Este procedimiento de solución de controversias ha servido, desde la instauración de la LPP, como un mecanismo que se ha estandarizado para solventar las controversias que ocurren durante la celebración de los procesos de democracia interna que llevan a cabo los partidos políticos, de cara especialmente a la selección de sus candidaturas para los procesos electorales. Sin embargo, a pesar de que los ciudadanos afiliados tienen esa posibilidad de buscar la garantía de sus derechos cuando consideren que han sido vulnerados, el TSE no ha tenido una actuación lo suficientemente proactiva para darle seguimiento a dichos mecanismos de control.

ii. Control del financiamiento privado y público hasta ahora existente

En este caso, el control sobre el financiamiento de los partidos políticos lo ejercen tres instituciones: TSE, Corte de Cuentas de la República (CCR) y Ministerio de Hacienda (MH); las cuales se enfocan en aspectos diferentes de acuerdo con el mandato legal que poseen. Empero, es importante recordar que el TSE es la máxima autoridad responsable de hacer cumplir la LPP (art. 3). Concretamente, las obligaciones de los partidos políticos en materia de financiamiento desarrolladas por la Ley y el RLPP, vigentes al cierre de este estudio, son las que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.

Obligaciones de los Partidos Políticos en materia de financiamiento

Obligación	Disposición legal
Poner a disposición de la Corte de Cuentas la información relativa a su financiamiento público y a disposición del TSE y del Ministerio de Hacienda la relativa a su financiamiento público y privado a detalle al final de cada ejercicio fiscal	Art. 26-C LPP
Registrar de manera individualizada las contribuciones privadas que reciba el partido.	
Según el RLPP debe contar con registro actualizado de:	
<ul style="list-style-type: none"> • Miembros afiliados, en el cual se establezca de forma descriptiva, toda cuota, aporte o contribución en dinero, a cualquier título, que realicen al partido en períodos ordinarios y en años preelectorales; así como, toda contribución que hagan en bienes o servicios. • Personas naturales no afiliadas, en el cual se establezca de forma descriptiva, todo aporte o contribución en dinero, a cualquier título, que realicen al partido en períodos ordinarios y en años preelectorales; así como, toda contribución que hagan en bienes o servicios; • Personas jurídicas, en el cual se establezca de forma descriptiva, todo aporte o contribución en dinero, a cualquier título, que realicen al partido en períodos ordinarios y en años preelectorales; así como, toda contribución que hagan en bienes o servicios. 	Art. 64 LPP y 86 RLPP
Llevar un registro de las actividades de recaudación del partido. Según el RLPP deben registrarse los ingresos financieros extraordinarios provenientes de toda actividad de recaudación de fondos, herencias, legados, asignaciones testamentarias, créditos, rendimientos procedentes de su patrimonio y cualquier otra aportación o contribución en dinero o especie que se obtenga	Art. 64 LPP y 86 RLPP
Respetar los límites de donaciones privadas que pueden recibir en períodos ordinarios y preelectorales	Art. 65 y 66 LPP
No recibir fondos de fuentes prohibidas	Art. 67 LPP

Fuente: elaboración propia a partir de los criterios de González Bautista

³El caso de la Inc. 43-2013 tuvo, además de su sentencia final, resoluciones de seguimiento dictadas por la Sala de lo Constitucional con el fin de que la Asamblea Legislativa diera cumplimiento a lo resuelto. De allí que luego de la sentencia se emitieron 5 resoluciones de seguimiento: posteriormente a través de resoluciones de seguimiento: (i) 6 de febrero de 2015, (ii) 26 de septiembre de 2016, (iii) 9 de julio de 2017, (iv) 8 de septiembre de 2017, (v) 10 de enero de 2018.

Por otro lado, en el art. 85 RLPP se establecen otra serie de obligaciones de los partidos políticos que deben ser verificadas por el TSE. Finalmente, los partidos políticos, según lo prescribe el art. 87 RLPP, deben presentar en los primeros tres meses de cada año fiscal al TSE, un balance contable debidamente auditado, que identifique de forma detallada las cuentas correspondientes al financiamiento privado ordinario y preelectoral.

iii. Transparencia y acceso a la información

La transparencia y la rendición de cuentas vertical están garantizadas formalmente mediante la inclusión de ciertas obligaciones de parte de los partidos políticos, entre las que destacan: establecer una unidad de acceso a la información pública (art. 26-A LPP) que se encargue de recopilar y hacer pública información considerada oficiosa (art. 24 LPP), como por ejemplo los montos de financiamiento (letra f), los nombres de los donantes (art. 24-A LPP).

Al igual que en el caso anterior, la Sala de lo Constitucional intervino para garantizar que la Asamblea Legislativa asegurara el “cumplimiento a los mandatos derivados del derecho de acceso a la información y de los principios de transparencia (...) de los partidos políticos”, sobre (i) el origen y destino de los fondos con que los partidos y sus candidatos financian su actividad; (ii) las estructuras organizativas de los institutos políticos, que incluya una instancia cuya función contralora garantice la rendición de cuentas; (iii) la garantía de los ciudadanos de acceso a la información de interés público en poder de los partidos. Ello está reconocido en la legislación aplicable, específicamente en los arts. 24 f y 24-A letras a y b LPP.

Tal como se ha podido constatar, con la cantidad de obligaciones que poseen los partidos políticos, queda claro que es necesario un SGC. Por lo cual, se definen a continuación los lineamientos para elaborar los documentos pertinentes que compondrán un SGC electoral.

3.2. Lineamientos para la elaboración de un SGC electoral

Con la implantación de un sistema de cumplimiento normativo electoral, se hace necesario agregar al oficial u órgano de cumplimiento partidario dentro de la estructura legalmente obligatoria. Además de ello habrá que redactar los siguientes instrumentos:

1. Política de compliance que en dependencia de si estos se vuelve un requisito legal podría ir incluida en los estatutos partidarios que son presentados para su aprobación con la escritura de constitución de los institutos políticos. Entre los principios o valores más importantes deben figurar las obligaciones que prevé el art. 22 LPP letras a) y c) que se refieren a:

1.1. Ajustar su organización, funcionamiento y actividad a los principios democráticos y a lo dispuesto en la Constitución y las Leyes;

- 1.2. Promover la defensa del sistema republicano, democrático y representativo de gobierno.
2. Describir los roles y responsabilidades dentro de la organización. En esta caso, los partidos políticos tienen libertad para elegir en términos generales cuál será su organización interna, salvo los lineamientos que deben de regir y que han sido establecidos por la LPP y la jurisprudencia del TSE, a saber:
 - 2.1. Organismo deliberativo en el que estén representados todos sus miembros (art. 32 inc. 2º LPP)
 - 2.2. Máximo organismo de dirección (que podría ser el anterior pero también diferir, arts. 14 inc. 3º letra b y 18 inc. 1º LPP)
 - 2.3. Organismo que vele por la ética (art. 32 inc. 3º LPP)
 - 2.4. Al menos dos organismos sancionadores que serán los que deberán aplicar el régimen sancionatorio establecido tanto en la LPP como en los estatutos e instrumentos del SGC electoral (Inc. 43-2013, sentencia del 22 agosto 2014).
 - 2.5. Organismo que vele por los procedimientos electivos internos (art. 32 inc. 3º LPP), denominada comisión electoral (art. 37-A LPP)
 - 2.6. Organismos de dirección departamental y municipal (art. 24 letra b LPP)
 - 2.7. Unidad de Acceso a la Información (art. 26-A LPP)

⁴Sentencia emitida por la Sala de lo Constitucional el 22 de agosto de 2014 en el proceso de Inconstitucionalidad 43-2013

- 2.8. Aquí se deberá de agregar al Oficial de Cumplimiento, así como a la estructura que se encargará de la recepción de las denuncias y reportes sobre los riesgos de los partidos políticos.
3. Detallar los procedimientos de compliance o cumplimiento que tengan que ver con todas las obligaciones legales que poseen los institutos políticos según la normativa citada:
 - 3.1. Obligaciones relacionadas con su organización: constitución e inscripción de documentos constitutivos o fundacionales y demás modificaciones posteriores;
 - 3.2. Obligaciones relativas la vida jurídica de los partidos políticos (cancelación, fusión)
 - 3.3. Obligaciones de democracia interna
 - 3.4. Obligaciones sobre financiamiento
 - 3.5. Obligaciones sobre transparencia y acceso a la información
4. Establecer los mecanismos de identificación, gestión y control de riesgos que fueron descrito en el apartado 1 de este documento.

5. Definir un sistema de comunicación y formación continua sobre la política de compliance y demás instrumentos o elementos que sean necesarios para el eficaz funcionamiento de la misma.
6. Crear un sistema o régimen disciplinario interno relacionado con el SGC electoral para sancionar las conductas que se consideren contrarias a la normativa interna adoptada, que puedan poner en riesgo el SGC.

Discusión

La propuesta de instaurar un sistema de compliance electoral en El Salvador plantea tanto oportunidades como desafíos. En primer lugar, la experiencia internacional muestra que la incorporación de programas de cumplimiento en organizaciones políticas no es ajena a las dificultades. En España, por ejemplo, el debate en torno a la responsabilidad penal de los partidos políticos (Morales Hernández, 2022; Monzó Torrecillas & Moreno Cabrera, 2022) evidenció resistencias iniciales de las cúpulas partidarias, que veían en el compliance un mecanismo de control externo más que una herramienta de fortalecimiento institucional. En América Latina, la literatura sobre public compliance (Nieto Martín & Maroto Calatayud, 2014; Chacón Carrasco, 2021) ha insistido en que la clave no radica únicamente en la adopción formal de manuales o protocolos, sino en la capacidad de generar una cultura de cumplimiento que trascienda el plano declarativo.

En el caso salvadoreño, la viabilidad del compliance electoral se enfrenta a tres tensiones principales. La primera es estructural: los partidos políticos han funcionado históricamente bajo una lógica de control cerrado de sus dirigencias, con escasa rendición de cuentas hacia la ciudadanía. Introducir mecanismos de auditoría interna, transparencia financiera y democracia interna verificable implica alterar equilibrios de poder que podrían ser resistidos. La segunda tensión es normativa: si bien la Ley de Partidos Políticos establece obligaciones detalladas en materia de financiamiento, democracia interna y transparencia, su cumplimiento ha sido parcial y la capacidad sancionadora del Tribunal Supremo Electoral limitada.

Un SGC electoral solo tendría eficacia real si se acompaña de reformas que fortalezcan las facultades de supervisión y sanción. Finalmente, la tercera tensión es cultural: la ciudadanía salvadoreña mantiene una percepción negativa hacia los partidos (Latinobarómetro, 2023), lo cual supone

que la implantación de un modelo de compliance debe ir de la mano de estrategias de pedagogía pública y comunicación política que restituyan la confianza.

Sin embargo, estas tensiones no desvirtúan la propuesta, sino que la hacen más urgente. Precisamente porque los partidos políticos son considerados organizaciones sui generis con funciones constitucionales esenciales (Inc. 16-99, 2000; Inc. 61-2009, 2010), su falta de cumplimiento debilita no solo a la organización interna, sino a todo el sistema democrático. En este sentido, el compliance electoral no debe entenderse como una carga burocrática adicional, sino como un instrumento de autorregulación con respaldo legal, capaz de prevenir riesgos de corrupción, garantizar equidad en la contienda y transparentar el financiamiento político.

Una reflexión crítica necesaria es si el compliance puede superar por sí mismo la falta de voluntad política. El riesgo de que los partidos adopten un sistema de cumplimiento meramente formal —con manuales archivados y comités simbólicos— es real. La evidencia comparada demuestra que la eficacia del compliance depende de tres condiciones: (i) respaldo legal robusto que impida simulaciones, (ii) órganos de control independientes con capacidad sancionadora, y (iii) una ciudadanía activa que exija la rendición de cuentas. En ausencia de estas condiciones, el compliance electoral corre el riesgo de convertirse en un mecanismo cosmético.

Por tanto, la discusión no debe limitarse a la factibilidad técnica de implantar un SGC electoral, sino a su capacidad transformadora. La integración de oficiales de cumplimiento, unidades de auditoría y protocolos claros puede fortalecer la estructura organizativa de los partidos, pero solo será significativa si se traduce en un cambio cultural hacia la transparencia y la responsabilidad democrática. En este sentido, el compliance electoral no es un fin en sí mismo, sino un medio para articular un círculo virtuoso: cumplimiento – confianza ciudadana – fortalecimiento democrático.

Conclusiones

El análisis desarrollado permite afirmar que el compliance electoral constituye una herramienta indispensable para el fortalecimiento del sistema democrático salvadoreño. La experiencia internacional evidencia que los programas de cumplimiento son eficaces no solo en el ámbito

corporativo, sino también en organizaciones políticas, siempre que se adapten a sus particularidades y se acompañen de un compromiso institucional genuino.

En El Salvador, los partidos políticos han mostrado históricamente un patrón de incumplimiento reiterado en áreas críticas como la democracia interna, la transparencia financiera y el acceso a la información pública. Esta realidad ha minado la confianza ciudadana y debilitado la legitimidad de los procesos electorales. En consecuencia, la propuesta de un Sistema de Gestión de Compliance Electoral (SGC) no debe entenderse como un ejercicio voluntarista, sino como una condición necesaria para garantizar el cumplimiento normativo y asegurar la integridad del sistema de partidos.

Un SGC electoral bien diseñado —basado en estándares internacionales como ISO 37301:2021 e ISO 37001— debe incorporar instrumentos específicos: políticas de compliance, roles y responsabilidades claras, mecanismos de control de riesgos, sistemas de denuncia eficaces, auditoría interna, formación continua y un régimen disciplinario robusto. Con ello, los partidos podrían transformar obligaciones formales en prácticas verificables de gestión, avanzando hacia una cultura de cumplimiento que trascienda la mera retórica normativa.

No obstante, la eficacia del compliance electoral dependerá de tres factores claves: (i) un marco legal reforzado, que convierta en obligatorios los instrumentos de cumplimiento y fortalezca la capacidad sancionadora del Tribunal Supremo Electoral; (ii) la existencia de órganos de control independientes y con recursos suficientes para supervisar y auditar el desempeño partidario; y (iii) la participación ciudadana activa, como garante del control social sobre los partidos políticos.

En suma, el compliance electoral no constituye una opción discrecional para los partidos salvadoreños, sino una exigencia imprescindible en el marco de una democracia que busca consolidarse sobre principios de transparencia, responsabilidad y confianza ciudadana. Su implantación no resolverá por sí sola las deficiencias históricas de los partidos, pero sí puede abrir una vía institucional para reconfigurar su relación con la sociedad y fortalecer la integridad del sistema democrático en su conjunto.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad de Sonsonate.

Referencias

- Acción Ciudadana. (2021). Información del financiamiento de los partidos políticos salvadoreños. Obtenido de <https://accion-ciudadana.org/financiamiento-de-los-partidos-politicos/>
- Acción Ciudadana. (2022). Obtenido de <https://accion-ciudadana.org/noticia-accion-ciudadana-instaa-la-ciudadania-a-exigirle-a-las-instituciones-publicas-que-respeten-su-derecho-de-acceso-a-la-informacion/>
- Bacigalupo, S. (2021). Compliance. Eunomía. Revista en Cultura de la Legalidad., 260-276.
- Baucells Lladós, J. (2017). Autorregulación y prevención del delito en los partidos políticos. Revista General de Derecho Penal.
- Baucells Lladós, J. (2018). Corrupción y responsabilidad penal de los partidos políticos. Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología, 1-25.
- Caminal Badia, M. e. (2015). Manual de Ciencia Política. Tecnos.
- Constitución de la República [Cn]. (15 de Diciembre de 1983). El Salvador.
- Chacón Carrasco, L. J. (2021). Public Compliance como medida de prevención de la corrupción en la Administración Pública en el Perú. [Tesis de licenciatura en ciencia jurídica]. Universidad César Vallejo.
- Corporación Latinobarómetro. (2023). Informe 2023: La recesión democrática de América Latina. Santiago de Chile: Corporación Latinobarómetro.
- Corte Suprema de Justicia. Sala de lo Constitucional. (26 de Junio de 2000). Inc. 16-99.
- Corte Suprema de Justicia. Sala de lo Constitucional. (29 de Julio de 2010). Inc. 61-2009.
- Corte Suprema de Justicia. Sala de lo Constitucional. (22 de Agosto de 2014). Inc. 43-2013.
- Cubas González, I. L. (2022). Implementación de los programas de compliance como medidas efectivas en la prevención del delito de lavado de dinero y de activos en partidos políticos en El Salvador. [Tesis de Maestro en Derecho Penal Económico]. Repositorio Institucional-Universidad de El Salvador.
- De Lucas, M. A. (2017). Compliance officer: el cumplimiento normativo en los partidos políticos. ACOP Papers.
- González Bautista, E. E. (2023). Aproximaciones al public compliance: una mirada sobre la prevención de la corrupción en el sector público. [Tesis maestría en Derecho Penal y Ciencias Penales].
- KPMG. (2018). Estándares internacionales en compliance: ISO 19600 y 37001.
- LAPOP Lab. (Noviembre de 2023). Barómetro de Las Américas. Pulso de la democracia en El Salvador.
- Ley de Partidos Políticos. (27 de Febrero de 2013). San Salvador.
- Monzó Torrecillas, J. A., & Moreno Cabrera, M. P. (2022). Los sistemas de compliance penal de los partidos políticos. Revista Española de Control Externo, 10-29.
- Morales Hernández, M. Á. (2022). Propuesta de «criminal compliance» para partidos españoles: su adaptación al art. 31 bis.5 del Código Penal. Revista Electrónica de Ciencia Penal y Criminología, 1-47.
- Nieto Martín, A., & Maroto Calatayud, M. (2014). "Public compliance": prevención de la corrupción en administraciones públicas y partidos políticos. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Pampillo Baliño, J. P. (2021). Un panorama general de compliance. Nociones, orígenes, evolución e implantación. Revista Lex Mercatoria, 36-51.

Remacha, M. (Julio de 2016). Compliance, ética y RSC.

Cátedra "la Caixa" de responsabilidad social de la empresa y gobierno corporativo.

Requena, C., & Cárdenas Gutierrez, S. (2016). Compliance legal de la empresa. Una tendencia regulatoria mundial. México: Thomson Reuters.

Santana Vega, D. M. (2020). Consideraciones críticas sobre la responsabilidad penal de los partidos políticos como instrumentos de lucha contra la corrupción. *Política Criminal*, 76-110. World Compliance Association. (2019). Guía de implementación de compliance para PYMES.

World Compliance Association. (Abril de 2021). Elementos esenciales de un programa de compliance en el tercer sector.

World Compliance Association. (Marzo de 2021). Estructura de un programa de compliance.

La dinámica comercial México-El Salvador desde la visión de la economía política smithiana de las ventajas absolutas en el actual contexto regional mesoamericano

The Mexico-El Salvador Trade Dynamics from the Perspective of Smithian Political Economy of Absolute Advantages in the Current Mesoamerican Regional Context

Ricardo Martínez Martínez

Universidad Nacional Autónoma de México

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7024-8488>

cayetanoikmartinez@gmail.com

Enviado: 08 de agosto de 2025

Aceptado: 12 de octubre de 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

Este estudio explora la relación comercial entre México y El Salvador a través del prisma de la teoría de las ventajas absolutas de Adam Smith, actualizada para el contexto mesoamericano moderno. Se analiza el intercambio de bienes y servicios estratégicos en el periodo 2019-2025, con especial atención al rol de factores como la infraestructura logística, la certificación sanitaria, la regulación y la sostenibilidad ambiental. Mediante un enfoque cualitativo con entrevistas a especialistas y un análisis cuantitativo de datos oficiales (Bancos Centrales, organismos internacionales), se identifican productos emblemáticos —automotriz, farmacéutico, textil, agroindustria, biológicos y electrónicos— que ejemplifican las ventajas absolutas operacionales de ambos países. Los hallazgos revelan que las ventajas absolutas no son solo naturales o de costos sino construidas mediante capacidades institucionales, tecnológicas y regulatorias. Además, el Tratado de Libre Comercio México-Centroamérica actúa como catalizador que potencia esas ventajas al reducir barreras transaccionales. El estudio concluye que el comercio bilateral México-El Salvador funciona hoy como un laboratorio empírico para reinterpretar la teoría smithiana en clave contemporánea, integrando

eficiencia, equidad, logística y sustentabilidad como criterios de competitividad.

Palabras clave

Comercio internacional, economía política, ventajas absolutas, integración regional, logística comercial, regulación sanitaria, sostenibilidad ambiental, cooperación económica

Abstract

This study explores the commercial relationship between Mexico and El Salvador through the lens of Adam Smith's theory of absolute advantage, updated to reflect the dynamics of the modern Mesoamerican context. It examines the exchange of strategic goods and services from 2019 to 2025, with particular attention to factors such as logistical infrastructure, sanitary certification, regulation, and environmental sustainability. Using a mixed-method approach—combining qualitative interviews with specialists and quantitative analysis of official data from Central Banks and international organizations—the research identifies emblematic sectors including the automotive,

pharmaceutical, textile, agro-industrial, biological, and electronic industries, which exemplify the operational absolute advantages of both countries. The findings reveal that absolute advantages are not merely natural or cost-based but are constructed through institutional, technological, and regulatory capacities. Moreover, the Mexico-Central America Free Trade Agreement acts as a catalyst that enhances these advantages by reducing transactional barriers. The study concludes that bilateral trade between Mexico and El Salvador currently operates as an empirical laboratory for reinterpreting Smithian theory in a contemporary framework, integrating efficiency, equity, logistics, and sustainability as key criteria of competitiveness.

Keywords

International trade, political economy, absolute advantages, regional integration, trade logistics, sanitary regulation, environmental sustainability, economic cooperation.

Introducción

En el contexto de la dinámica económica y comercial entre México y los países de Centroamérica, la relación bilateral con El Salvador sobresale por la presencia de ventajas absolutas en la producción e intercambio de determinados bienes y servicios. Entre los principales productos exportados desde El Salvador hacia México se encuentran insumos alimenticios (como pollos de corral, pescados y crustáceos), confecciones textiles de punto cerrado, medicamentos genéricos, productos edulcorantes y componentes tecnológicos maquilados localmente. Por su parte, México exporta hacia El Salvador automóviles, piezas de maquinaria, aguacates, productos del mar y electrodomésticos, entre otros (Banco Central de Reserva de El Salvador [BCR], 2023).

Cada país produce estos bienes bajo las condiciones que Adam Smith (1776) define como ventajas absolutas, entendidas como la capacidad de elaborar un bien con menor uso de recursos o mediante la especialización productiva. Aunque ambas naciones podrían fabricar los mismos productos internamente, los costos de producción más elevados los harían menos competitivos.

En consecuencia, resulta más eficiente mantener el intercambio comercial aprovechando las ventajas de cada uno, especialmente tras la implementación del Tratado Único México-Centroamérica, que entró en vigor en 2012 y redujo las barreras arancelarias (Secretaría de Economía de México, 2012).

El presente estudio examina la estructura del comercio entre México y El Salvador desde la perspectiva de las ventajas absolutas, considerando la eficiencia productiva, las asimetrías económicas y los mecanismos de cooperación regional que permiten sostener flujos comerciales estables y mutuamente beneficiosos. Se parte del supuesto teórico smithiano según el cual las naciones se benefician del comercio internacional cuando cada una se especializa en la producción de los bienes que puede elaborar con mayor eficiencia, logrando así una asignación óptima de los recursos y un incremento del bienestar conjunto. No obstante, esta interpretación clásica se amplía en el análisis contemporáneo al incorporar factores institucionales, logísticos y tecnológicos que condicionan la competitividad de las economías abiertas.

Metodológicamente, el estudio adopta un diseño cualitativo y analítico, orientado a comprender la dinámica comercial bilateral a la luz de la teoría de las ventajas absolutas. Este enfoque permitió abordar los fenómenos económicos desde una perspectiva integral, articulando la lectura estadística con su interpretación histórica, política y social. La investigación combinó tres técnicas principales: entrevistas semiestructuradas, revisión documental y análisis comparativo. En la primera fase, se realizaron entrevistas a funcionarios de alto nivel de instituciones encargadas de la medición y divulgación de indicadores macroeconómicos en ambos países, lo que aportó información relevante sobre la operatividad institucional, los procesos técnicos de registro de datos y las limitaciones estructurales que afectan la producción de estadísticas oficiales.

De manera paralela, se efectuó una revisión documental y estadística basada en fuentes de organismos internacionales como el Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR), el Banco de México (Banxico) y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). Estas entidades proporcionaron datos confiables sobre flujos de exportación e importación, inversión extranjera directa, estructura sectorial e indicadores

de balanza comercial. La integración de estas fuentes permitió construir una base comparativa para el período 2019–2025, a partir de la cual se identificaron patrones, rupturas y asimetrías en la relación económica bilateral.

El tratamiento de los datos incluyó la elaboración de tablas y gráficos que muestran correlaciones entre los sectores productivos y los flujos comerciales, lo cual facilitó la interpretación de los hallazgos y la identificación de áreas de eficiencia productiva recíproca. La combinación del análisis cualitativo y la lectura estadística otorgó al estudio una perspectiva interpretativa profunda, superando las limitaciones de los enfoques meramente descriptivos. En síntesis, la metodología adoptada permitió una comprensión amplia y crítica del comercio bilateral, sustentada tanto en evidencia empírica como en fundamentos teóricos clásicos y contemporáneos, reafirmando la vigencia del paradigma smithiano en el contexto mesoamericano actual.

1.1 Aproximaciones teóricas a las ventajas absolutas

La teoría de las ventajas absolutas, formulada por Adam Smith en *La riqueza de las naciones* (1776), sostiene que una nación posee ventaja absoluta cuando puede producir un bien utilizando menos recursos que otra. Smith argumentó que el comercio internacional genera beneficios cuando cada país se especializa en los bienes que produce con mayor eficiencia. En sus palabras: “Si un país extranjero puede proveernos de una mercancía más barata de lo que nosotros podemos producirla, será mejor comprársela con una parte del producto de nuestra industria que se emplea con una ventaja” (Smith, 1776, p. 435).

Economistas contemporáneos como Krugman y Obstfeld (2015) amplían este principio al señalar que la especialización y el comercio internacional incrementan la eficiencia económica y el bienestar global. En esta misma línea, Mankiw (2012) subraya que la ventaja absoluta permite a los países ahorrar recursos y mejorar la productividad total.

Por su parte, Salvatore (2013) y Lipsey (2007) coinciden en que el libre comercio, sustentado en la eficiencia productiva, genera una asignación óptima de los recursos y fortalece el crecimiento económico. Desde la perspectiva liberal contemporánea, Huerta de Soto (2010) sostiene que el intercambio voluntario entre naciones con

ventajas productivas conduce a una prosperidad compartida, mientras que Bhagwati (2002) enfatiza que la apertura comercial basada en ventajas absolutas también estimula la innovación tecnológica.

Ejemplos actuales reflejan la vigencia de esta teoría: China mantiene ventajas absolutas en manufacturas ligeras; Estados Unidos, en productos agrícolas; y Alemania, en maquinaria industrial (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2023; Eurostat, 2024). En América Latina, Chile domina la exportación de cobre, Brasil ha desarrollado una industria aeronáutica competitiva con Embraer (Confederación Nacional de la Industria [CNI], 2023), Uruguay se ha especializado en software exportable (Uruguay XXI, 2023) y Colombia ha diversificado su oferta de cafés especiales (Federación Nacional de Cafeteros [FNC], 2024).

En Centroamérica, El Salvador presenta ventajas absolutas en sectores intensivos en mano de obra, como el textil y confección, debido a su fuerza laboral calificada, costos laborales competitivos y acuerdos comerciales como el CAFTA-DR y el Tratado Único México–Centroamérica (BCR, 2023). También ha desarrollado competitividad en la industria azucarera, apoyada en condiciones climáticas favorables y mejoras tecnológicas (Asociación Azucarera de El Salvador, 2023). En cambio, México combina una infraestructura industrial avanzada con tratados de libre comercio —entre ellos el T-MEC— que le permiten consolidar su posición como líder regional en exportaciones automotrices y electrónicas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2024).

Estos casos ilustran que la teoría de las ventajas absolutas sigue siendo una base fundamental del comercio internacional, al explicar la especialización productiva y los beneficios mutuos derivados del intercambio entre naciones con capacidades diferenciadas.

1.2 Limitaciones de la teoría de las ventajas absolutas

A pesar de su relevancia fundacional en la economía política clásica, la teoría de las ventajas absolutas de Adam Smith presenta limitaciones al explicar las dinámicas comerciales contemporáneas. Miltiades Chacholiades (1992) señala que su alcance resulta

parcial, pues solo logra describir el intercambio entre países con estructuras productivas disímiles, dejando fuera aquellos con capacidades tecnológicas y niveles de desarrollo similares. De igual modo, Villalba (2017) advierte que el modelo smithiano, centrado en la especialización basada en la eficiencia productiva, presupone condiciones de competencia perfecta y costos constantes, supuestos que rara vez se verifican en la economía global actual.

Estas limitaciones se evidencian al aplicar la teoría a economías como la mexicana y la salvadoreña. Si bien ambas mantienen ventajas absolutas en sectores específicos —México en la industria automotriz y de servicios turísticos, y El Salvador en la industria textil y agroexportadora—, su interacción comercial no puede explicarse únicamente por diferencias en eficiencia productiva. Factores institucionales, tecnológicos y logísticos, así como los tratados de libre comercio y las asimetrías estructurales, redefinen el modo en que dichas ventajas se manifiestan. En este sentido, la teoría de Smith proporciona una base explicativa valiosa, pero insuficiente para comprender la complejidad del comercio bilateral contemporáneo, lo que justifica la incorporación de enfoques complementarios, como la ventaja comparativa ricardiana, para un análisis más integral de las relaciones económicas internacionales.

1.3 Asimetrías de las economías de El Salvador y México
 Para analizar las ventajas absolutas en el comercio bilateral, es indispensable reconocer las asimetrías estructurales entre México y El Salvador. Aunque ambos países comparten idioma, vínculos históricos y desafíos comunes —como la desigualdad y la migración—, sus trayectorias de desarrollo y su capacidad productiva son marcadamente diferentes.

A partir de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio entre México y Centroamérica (2012), las relaciones bilaterales se intensificaron, facilitando la acumulación regional de capital y la integración de cadenas productivas (Ministerio de Economía de El Salvador [MINEC], 2023). Sin embargo, persisten brechas significativas en términos sociales, económicos e institucionales (ver Tablas 1 y 2).

En el plano demográfico y territorial, México posee una extensión cercana a 2 millones de km² y una población de 127 millones de habitantes, mientras que El Salvador

cuenta con 21,000 km² y poco más de 6 millones. Además, las posiciones en el Índice de Desarrollo Humano (IDH) reflejan disparidades notables: México ocupa el lugar 74, y El Salvador el 124 (ver Tabla 1).

Tabla 1.

Características generales de México y El Salvador

Indicadores Generales	México	El Salvador
Población total (2022)	127,504,125	6,336,392
Posición en IDH (2019)	74	124
Povertad (% población, 2022)	3.1	3.4

Fuentes: Banco Mundial; PNUD. Datos de 2022, salvo indicación contraria.

En materia económica, las diferencias son aún más pronunciadas. En 2022, el Producto Interno Bruto (PIB) de México ascendió a 1.47 billones de dólares, mientras que el de El Salvador fue de 32.49 mil millones. El PIB per cápita mexicano (11,496.5 USD) duplica ampliamente el salvadoreño (5,127.3 USD). Asimismo, las remesas representan el 4.2 % del PIB en México y el 23.7 % en El Salvador, reflejando una fuerte dependencia de los ingresos provenientes del exterior (ver Tabla 2).

Tabla 2.

Características económicas de México y El Salvador

Indicadores económicos	México	El Salvador
PIB (US\$, 2022)	1, 47 billones	32,49 mil millones
PIB Per Cápita (2022)	11, 496. 5	5,127.3
Crecimiento del PIB (% anual, 2022)	3.9	2.6
Remesas (% PIB, 2022)	4.2	23,7

Fuentes: Banco Mundial; PNUD. Datos de 2022.

En cuanto a la estructura sectorial, México evidencia un predominio del sector servicios (64 % del PIB) y un peso industrial significativo (33.6 %), mientras que

en El Salvador el sector servicios apenas alcanza el 3.5 % y el industrial el 16 %. La agricultura mantiene proporciones similares en ambos países (ver Tabla 3).

Tabla 3.

Características sectoriales de México y El Salvador

Indicadores Sectoriales	México	El Salvador
Valor agregado agrícola (% PIB, 2022)	4.0	4.7
Valor agregado industrial (% PIB, 2022)	33.6	16.0
Valor agregado servicios (% PIB, 2022)	64.0	3.5
Formación Bruta de Capital (% PIB, 2022)	23.0	20.0
Inversión Extranjera Directa (% PIB, 2022)	2.7	0.0

Fuentes: Banco Mundial; PNUD. Datos de 2022.

En el ámbito del comercio internacional, México presenta exportaciones equivalentes al 42.6 % del PIB e importaciones del 45.5 %, mientras que El Salvador exporta el 31.2 % e importa el 55.6 %. Ambos países mantienen déficit comercial, aunque la brecha es mucho más amplia en el caso salvadoreño (-24.4 % del PIB) (ver Tabla 4).

Tabla 4.

Características del comercio internacional de México y El Salvador

Indicadores de Comercio	México	El Salvador
Exportación de Bienes y Servicios (% PIB, 2022)	42.6	31.2
Importación de Bienes y Servicios (% PIB, 2022)	45.5	55.6
Saldo de Balanza Comercial (% PIB, 2022)	-2.8	-24.4
Exportaciones de Alta Tecnología (%), 2022)	19	8

Fuentes: Banco Mundial; PNUD. Datos de 2022, salvo la deuda (2021).

Las cifras muestran que, a pesar de los tratados comerciales y la cercanía geográfica, México y El Salvador mantienen asimetrías estructurales profundas. No obstante, se identifican ámbitos de convergencia

en sectores como alimentos, textiles, tecnologías de consumo y energía, donde la complementariedad productiva podría reforzar los beneficios del intercambio en el marco de la integración económica mesoamericana. El análisis de la balanza comercial evidencia un déficit estructural en ambas economías durante 2022. México registró un saldo negativo equivalente al -2.8 % del PIB, mientras que El Salvador alcanzó un -24.4 %, es decir, veinte puntos porcentuales más de déficit relativo respecto a su economía. Las exportaciones de bienes y servicios representaron el 42.6 % del PIB en México y el 31.2 % en El Salvador, mientras que las importaciones ascendieron al 45.5 % y 55.6 %, respectivamente. En términos de innovación y complejidad productiva, las exportaciones de alta tecnología constituyeron el 19 % del total mexicano frente al 8 % salvadoreño. Estas cifras confirman la brecha tecnológica y la dependencia estructural de ambos países respecto de bienes manufacturados importados, lo que repercute directamente en la competitividad y sostenibilidad de su comercio exterior (ver Tabla 4).

Más allá de las cifras comerciales, las asimetrías socioeconómicas reflejan diferencias sustantivas en desarrollo humano, educación y dependencia de remesas. México mantiene una posición 74 en el IDH y una tasa de pobreza del 3.1 %, mientras que El Salvador ocupa el puesto 124, con 3.4 % de su población bajo la línea de pobreza. En ambos casos, el endeudamiento público es elevado —44.9 % del PIB en México y 65.5 % en El Salvador— como mecanismo de sostenimiento fiscal. Las remesas constituyen un factor clave en la estabilidad macroeconómica: representan el 4 % del PIB mexicano y un 24 % del salvadoreño, lo que evidencia una fuerte dependencia externa en este último. Esta proporción indica que cerca de una cuarta parte de la economía salvadoreña se sostiene gracias a los flujos financieros enviados por migrantes, principalmente desde Estados Unidos, España e Italia. En conjunto, estos indicadores muestran que las asimetrías estructurales trascienden lo económico, abarcando dimensiones sociales y humanas que condicionan la inserción diferenciada de ambos países en el sistema económico regional.

1.4 Tratado de Libre coerción El Salvador-México

El Tratado de Libre Comercio (TLC) entre México y El Salvador representa la culminación de un proceso de integración regional iniciado en 1995 con acuerdos bilaterales entre México y varios países de Centroamérica.

Tras una década de negociaciones, los tres tratados existentes se unificaron en el Tratado Único México-Centroamérica, firmado en 2011 y vigente desde 2012, lo que amplió la cooperación comercial, la movilidad de servicios y la inversión transfronteriza (MINEC, 2015).

Entre 2009 y 2013, el flujo comercial regional superó los 7.6 mil millones de dólares anuales, con un crecimiento promedio del 19.5 %, alcanzando 9.55 mil millones en 2013, lo que evidenció el impacto positivo del tratado en las exportaciones y la inversión directa. En ese marco, la inversión mexicana en El Salvador aumentó de 67 millones en 2000 a 1,007 millones en 2013, consolidando una relación económica asimétrica pero complementaria.

Desde su implementación, se fortalecieron las cadenas productivas, logísticas y de suministro, apoyadas por políticas de diversificación, innovación tecnológica y competitividad empresarial, que propiciaron mayor intercambio e inversión mexicana en sectores estratégicos como el químico, alimentario, automotriz y metalúrgico.

Tabla 5.

Importaciones de El Salvador desde México (2009–2013, en millones de dólares)

GRUPOS DE PRODUCTOS	2009	2010	2011	2012	2013
Industria química (medicamentos, champús, acondicionadores, perfumes, desodorantes, detergentes, etc.)	137	145	145	145	161
Máquinas y Aparatos (Televisores, baterías automotrices, refrigeradoras)	95	107	113	126	144
Productos de las industrias alimenticias (Cereales, café soluble, suplementos alimenticios, comida para mascotas, glucosa, etc.)	57	67	78	83	87
Metales y sus manufacturas (tapas de aluminio, máquinas para afeitar, alambrón de acero, vigas de acero, estantes, etc.)	58	70	87	85	77
Plástico y sus manufacturas (poliestireno, taparrascas, botellas, etc.)	53	70	70	56	69
Otros (papel aséptico, toallas femeninas, pañales, papel higiénico, automóviles, libros, aguacates, etc.)	145	276	247	200	208
Total	546	735	740	695	746

Fuentes: Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR, 2015). Datos de 2009–2013.

Los datos de la Tabla 5 muestran un crecimiento sostenido de las importaciones salvadoreñas procedentes de México, especialmente en los rubros químico, automotriz y alimenticio, lo cual refleja el predominio de bienes manufacturados con valor agregado. El aumento constante en la compra de maquinaria y productos industriales evidencia la dependencia tecnológica de El Salvador frente al dinamismo productivo mexicano.

Durante el quinquenio 2015–2019, las importaciones totales desde México continuaron en ascenso, con un incremento de 752.2 millones de dólares en 2015 a 942.5 millones en 2019. Aun en el contexto de la pandemia por COVID-19 (2020), el comercio bilateral mantuvo estabilidad, superando los 944 millones de dólares ese año y alcanzando su punto máximo en 2022, con 1,395.5 millones (ver Tabla 6). Estos resultados confirman la consolidación del tratado como un instrumento de estabilidad comercial, pese a las fluctuaciones macroeconómicas regionales.

Tabla 6.

Importaciones de El Salvador desde México (2014–2023, en millones de dólares)

Año	Valor (millones de US\$)
2014	714.8
2015	752.2
2016	738.8
2017	877.1
2018	921.9
2019	942.5
2020	944.5
2021	1181.7
2022	1395.5
2023	1282.8

Fuentes: Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR, 2024). Datos de 2014–2023.

En cuanto a las exportaciones salvadoreñas hacia México, los volúmenes siguen siendo modestos frente al peso de las importaciones. En promedio, entre 2014 y 2016 las exportaciones anuales se situaron en 67 millones de dólares, alcanzando 150 millones en 2019 y 220.2 millones en 2023. Aunque las cifras evidencian una tendencia ascendente, la balanza comercial sigue siendo desfavorable para El Salvador.

En conjunto, los datos muestran que el TLC México–El Salvador ha fortalecido los flujos comerciales y la cooperación productiva, aunque también ha consolidado una estructura de intercambio desigual, donde México exporta bienes de alto valor agregado y El Salvador mantiene una oferta basada en manufacturas ligeras y productos primarios. Pese a las asimetrías, el tratado ha contribuido a la modernización productiva salvadoreña y al crecimiento sostenido del comercio bilateral entre 2010 y 2023.

1.5 Contextos comercial binacional y productos destacados por ser de ventajas absolutas

El comercio entre ambos países combina ventajas naturales y construidas. Según Carlos Federico Paredes, expresidente del BCR, las primeras —como ubicación y fuerza laboral— se articulan con factores desarrollados como la especialización industrial, la logística y la integración en cadenas regionales de valor (Paredes, entrevista personal, 2025). La proximidad geográfica reduce costos, mejora tiempos de entrega y facilita un flujo constante de mercancías, lo que, según Krugman, Obstfeld y Melitz (2018), aumenta la eficiencia de las cadenas de suministro en sectores como electrónicos, plásticos y textiles.

El Salvador posee ventajas absolutas en sectores intensivos en mano de obra, especialmente el textil y de confección, donde sus costos laborales y especialización técnica impulsan exportaciones de camisetas, ropa interior y toallas hacia México (CEPAL, 2022). Asimismo, ha desarrollado capacidades industriales en ensamblaje y manufactura electrónica —como la producción de microchips por empresas internacionales— que favorecen el comercio intra-industrial con México (Baldwin, 2016). También destacan rubros agroindustriales, como la producción de azúcar, productos derivados del café y pesca de tilapia, que aprovechan ventajas climáticas y de productividad local.

Tabla 7.

Exportaciones salvadoreñas de animales vivos hacia México (2019–2025, en millones de dólares)

NOMBRE DE CAPÍTULO	2019	2020	2021	2022	2023	2025
Animales Vivos (Dólares)	57.1	36.8	20.8	49.8	70.2	0.7

Fuente: Deras, J.C, 2025, Exportaciones totales valores y kilogramos en unidades, con destino a México

México, por su parte, exhibe ventajas absolutas derivadas de su escala productiva y tecnológica, reflejadas en la exportación hacia El Salvador de medicamentos, vehículos, autopartes, electrodomésticos, productos químicos y alimenticios. Su diversificación industrial y mayor capital tecnológico permiten ofrecer bienes de alto valor agregado que complementan las necesidades del mercado salvadoreño (Banco Mundial, 2023). En el ámbito alimentario, México mantiene una posición dominante con aguacate y tomate rojo, mientras que en el sector de consumo masivo exporta champús, detergentes y productos de cuidado personal, ampliamente presentes en el mercado salvadoreño.

Ambos países comparten acuerdos de libre comercio y mecanismos de integración regional que facilitan la movilidad de bienes y servicios bajo reglas de origen preferenciales, reduciendo aranceles y fortaleciendo la cooperación económica (SIECA, 2023). El comercio bilateral se organiza así en torno a un modelo mixto de ventajas naturales y construidas, donde convergen eficiencia logística, especialización laboral e innovación industrial. Esta dinámica ha permitido sostener un intercambio estable de bienes manufacturados y agroindustriales, con beneficios diferenciados pero complementarios en el marco del libre comercio regional.

1.6 Productos salvadoreños destinados a México

El comercio bilateral entre El Salvador y México ha mostrado una creciente diversificación, destacando nuevos rubros de exportación agropecuaria e industrial. Según el economista José Cornelio Deras (BCR, 2025), el principal producto exportado hacia México son los polluelos de un día, utilizados en la industria avícola mexicana para engorde y producción de huevo. Este rubro superó en valor y volumen a otros sectores tradicionales, consolidando una línea de exportación con alto valor biotecnológico y certificación sanitaria.

Este tipo de exportación responde al incremento del consumo de carne y huevo en México, donde entidades como Jalisco y Veracruz lideran la expansión avícola (López, 2021). La participación salvadoreña demuestra un avance en capacidades agroindustriales y cooperación regional en bioseguridad y trazabilidad animal.

El segundo rubro de mayor relevancia corresponde a los productos pesqueros, en especial aletas de tiburón y especies como tilapia, que son reexportadas desde México hacia mercados asiáticos (BCR, 2024). Aunque su valor económico es alto, el comercio requiere ajustes sostenibles por sus implicaciones ambientales (Alfaro & González, 2021; FAO, 2023). También se ha consolidado un nuevo nicho: la exportación de peces ornamentales del lago Cerrón Grande hacia zoológicos mexicanos, lo que representa una alternativa ecológica y educativa de comercio no alimentario (MAG, 2023; Escobar & Rivera, 2022).

En el plano industrial, el sector textil y de confección mantiene una posición sólida. México importó en 2024 desde El Salvador camisetas y accesorios tejidos por más de 69 millones de dólares (Observatorio de Complejidad Económica [OEC], 2024). La industria maquilera salvadoreña ha incrementado sus exportaciones hacia México, beneficiada por la cercanía geográfica y los tratados comerciales.

Tabla 8.

Exportaciones acumuladas de maquila hacia México (2019–2025, en millones de dólares)

Año	Valor (US\$ millones)
2019	38.2
2020	16.9
2021	20.9
2022	27.4
2023	38.2
2024	63.1
2025	19.8

Fuentes: Banco Central de Reserva de El Salvador (2025).

Casos como Toallas Hilasal evidencian el posicionamiento competitivo del sector textil salvadoreño en mercados exigentes por su calidad y cumplimiento de estándares internacionales. Este intercambio es posible gracias a los acuerdos de libre comercio regionales, que reducen costos arancelarios y fortalecen las cadenas logísticas.

1.7 Productos mexicanos destinados a El Salvador

México mantiene una balanza comercial favorable con El Salvador, sustentada en la exportación de bienes manufacturados y de alto valor agregado, especialmente en sectores automotriz, farmacéutico y de consumo masivo. Según Otto Rodríguez (BCR, 2025), cerca del 25 % de los vehículos nuevos en circulación en El Salvador provienen de México, mientras que el resto corresponde al mercado de autos usados.

Tabla 9.

Principales importaciones salvadoreñas desde México (enero–junio 2025, en millones de dólares)

Producto	Valor (US\$ millones)
Medicamentos preparados para uso terapéutico	43.7
Automóviles de turismo y transporte de personas	32.1
Vehículos para transporte de mercancías	28.6

Fuente: Banco Central de Reserva de El Salvador (2025).

De acuerdo con Paredes (2025), cuatro factores explican el dinamismo automotriz bilateral:

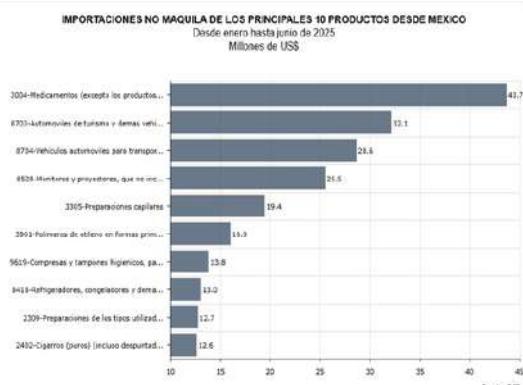
1. El Tratado de Libre Comercio México-Triángulo Norte, que elimina aranceles;
2. La proximidad geográfica, que reduce costos logísticos;
3. La diversificación de modelos y marcas ensamblados en México; y
4. La competitividad de precios frente a proveedores extra-regionales.

Estos flujos consolidan a México como socio estratégico en manufactura industrial, mientras que El Salvador continúa expandiendo su papel en nichos agroindustriales y textiles. En conjunto, el comercio bilateral entre ambos países refleja un modelo asimétrico pero complementario, donde la especialización productiva y la integración regional

permiten aprovechar las ventajas de escala, ubicación y cooperación tecnológica. En este sentido, las importaciones globales desde México se cuantificaron en los diez primeros productos considerados no de maquila. Los autos se mantienen entre el segundo y tercer lugar.

Ilustración 1

Importaciones no maquila de los principales 10 productos desde México (enero-junio 2025)



La gráfica muestra los valores acumulados de los principales productos importados por El Salvador desde México durante el primer semestre de 2025. Los medicamentos, los automóviles de turismo y los vehículos de carga constituyen los tres rubros más representativos en términos de valor económico.

Fuente: Banco Central de Reserva (BCR, 2025).

Dentro del intercambio comercial entre México y El Salvador, los medicamentos constituyen uno de los rubros más relevantes. Según Carlos Federico Paredes, la dinámica del flujo farmacéutico responde a una combinación de factores económicos, tecnológicos y regulatorios. Aunque El Salvador posee una industria farmacéutica sólida y exportadora, continúa importando medicamentos mexicanos debido a su diversificación productiva, economías de escala y especialización en fármacos de alta complejidad (BCR, 2025).

México produce una gama más amplia de medicamentos patentados y biotecnológicos, con certificaciones internacionales avaladas por la COFEPRIS, lo que garantiza su aceptación en mercados extranjeros. Además, la cercanía geográfica, los bajos costos logísticos y el Tratado de Libre Comercio México-Triángulo Norte (2012) facilitan la movilidad de medicamentos sensibles o con fechas de vencimiento cortas. Así, la eficiencia comercial deriva no solo del costo productivo, sino también del cumplimiento

regulatorio y sanitario, elementos hoy constitutivos de la ventaja competitiva.

Tabla 10.

Exportaciones de productos farmacéuticos desde México hacia El Salvador (2019–2025, en millones de dólares)

Año	Valor (US\$ millones)
2019	4.26
2020	3.85
2021	8.49
2022	23.20
2023	8.49
2024	4.33
2025	1.26

Discusión

El análisis de los resultados del comercio bilateral entre México y El Salvador revela la persistencia y, a la vez, la transformación de las ventajas absolutas en un contexto regional caracterizado por la interdependencia productiva y la integración logística. Desde la perspectiva de la economía política smithiana, la dinámica comercial observada entre 2019 y 2025 confirma la vigencia del principio de eficiencia diferencial en la asignación de recursos, aunque reconfigurado por nuevas variables: escala tecnológica, normatividad sanitaria, infraestructura logística y sostenibilidad ambiental.

En primer lugar, los datos empíricos —particularmente los correspondientes a los rubros automotriz, farmacéutico y textil— permiten constatar que las ventajas absolutas contemporáneas no se derivan únicamente de condiciones naturales o de costos laborales, sino de ventajas construidas institucional y tecnológicamente. México ha consolidado un modelo productivo orientado a la manufactura compleja, basado en economías de escala, capacidad de innovación y una red logística continental integrada por tratados de libre comercio (T-MEC, TLC México-Triángulo Norte, entre otros). Ello le ha permitido mantener una ventaja absoluta estructural en bienes de capital, farmacéuticos y electrónicos, evidenciada en el sostenido superávit comercial frente a El Salvador.

Por su parte, El Salvador ha desarrollado ventajas absolutas funcionales en segmentos específicos de la agroindustria (polluelos de un día, productos pesqueros, derivados del café) y en manufacturas ligeras de exportación (textiles y confecciones de punto). La eficiencia se expresa no tanto en la magnitud del volumen exportado, sino en su calidad técnica y trazabilidad biotecnológica, factores que han permitido mantener la competitividad en mercados de alta exigencia regulatoria. Esta especialización coincide con lo que Baldwin (2016) denomina “microintegración productiva regional”, donde las economías pequeñas insertan sus nichos de producción en cadenas globales de valor sin necesidad de replicar toda la cadena industrial.

En segundo término, los hallazgos confirman que la proximidad geográfica se traduce en una ventaja económica concreta. En línea con las aportaciones de Krugman, Obstfeld y Melitz (2018), la distancia corta entre ambos países permite minimizar los costos logísticos, reducir los riesgos de inventario y acortar los ciclos de entrega, especialmente en productos perecederos o con alta rotación, como los farmacéuticos y avícolas. Esta dimensión —ausente en el modelo smithiano original— reconfigura la noción de “ventaja absoluta” hacia una ventaja de ejecución, en la cual la eficiencia se mide no solo en costos de producción, sino en la capacidad de cumplir plazos, normas y volúmenes dentro de redes interregionales.

Un tercer elemento de discusión radica en la asimetría estructural de las economías analizadas. México, con un PIB 45 veces superior al salvadoreño y con un tejido industrial diversificado, concentra la producción de bienes con alto contenido de capital físico y tecnológico, mientras que El Salvador participa en segmentos intensivos en trabajo y con menor valor agregado. Este desequilibrio plantea una reinterpretación crítica del paradigma smithiano: si bien ambos países obtienen beneficios del intercambio, los efectos distributivos del comercio son desiguales. México amplía su liderazgo industrial y tecnológico, mientras que El Salvador enfrenta el desafío de evitar una inserción subordinada que perpetúe su dependencia de importaciones manufactureras (Banco Mundial, 2024).

En cuarto lugar, la evidencia cualitativa proveniente de las entrevistas a especialistas —Carlos Federico Paredes, Cornelio Deras y Otto Rodríguez— confirma que las

instituciones regulatorias y los marcos de certificación sanitaria son hoy un componente sustantivo de la ventaja absoluta. Los laboratorios mexicanos, certificados por la COFEPRIS, y las plantas avícolas salvadoreñas acreditadas por SENASICA y DNM, ilustran cómo la eficiencia comercial depende de la capacidad regulatoria y del cumplimiento normativo. De esta manera, la ventaja absoluta deja de ser meramente productiva y se convierte en regulatoria: quien logra certificar a menor costo y en menor tiempo obtiene una posición competitiva ampliada.

Asimismo, el análisis de los flujos farmacéuticos muestra que el comercio bilateral no responde a una simple relación de dependencia, sino a una especialización complementaria: El Salvador importa medicamentos de alta complejidad, pero exporta genéricos y productos de bajo costo a mercados regionales. Esta dinámica reafirma la tesis de que las ventajas absolutas pueden coexistir de forma bidireccional, siempre que las estructuras productivas se articulen sobre la base de la diferenciación y la cooperación.

En quinto lugar, los resultados revelan que el Tratado de Libre Comercio México–Centroamérica (2012) actúa como un catalizador institucional que amplifica las ventajas absolutas al reducir costos arancelarios, simplificar procesos aduaneros y estabilizar expectativas de mercado. Sin embargo, también perpetúa una estructura de intercambio asimétrica, donde México exporta bienes de alto valor agregado y El Salvador se mantiene como proveedor de manufacturas ligeras. Ello coincide con los planteamientos de Ronderos (2006) y Chacholiades (1992), quienes advierten que el libre comercio, en ausencia de políticas industriales activas, tiende a reforzar jerarquías preexistentes en lugar de neutralizarlas.

Por otra parte, el estudio evidencia que la resiliencia comercial observada tras la pandemia de COVID-19 confirma la fortaleza de las cadenas logísticas mesoamericanas. A diferencia de otros bloques regionales, el intercambio México–El Salvador mostró una rápida recuperación en 2021–2023, con un crecimiento del 48 % en el comercio total. Este comportamiento sugiere que las ventajas absolutas son condicionales a la capacidad de adaptación logística y tecnológica de las economías, elemento que no estaba presente en la formulación clásica de Smith, pero que hoy constituye un determinante central de la competitividad.

Un punto crítico emergente es la dimensión socioambiental. En el caso de los productos pesqueros —como las aletas de tiburón— y los biológicos avícolas, la rentabilidad económica debe sopesarse frente a la sostenibilidad ecológica y el cumplimiento de normativas internacionales. Como señalan Alfaro y González (2021) y la FAO (2023), la continuidad de estas exportaciones depende de la adopción de prácticas sostenibles, trazabilidad y cooperación ambiental. De ello se desprende que, en el siglo XXI, la ventaja absoluta debe entenderse como una compatibilidad costo-regulación–sostenibilidad, en la que los costos externos (ambientales, sociales, reputacionales) se integran en el cálculo económico.

Finalmente, al considerar las implicaciones teóricas, la discusión permite proponer una relectura neosmithiana del comercio mesoamericano, donde la ventaja absoluta se concibe como una relación multidimensional: productiva, logística, regulatoria y ambiental. Las entrevistas y los datos empíricos sustentan tres metainferencias clave:

1. Las ventajas absolutas son construidas mediante inversión en capacidades productivas, tecnológicas y regulatorias, no simplemente derivadas de dotaciones naturales.
2. La eficiencia logística y la gobernanza institucional son factores determinantes de la ventaja contemporánea, equivalentes al rol de la productividad en la teoría clásica.
3. La sostenibilidad y la equidad comercial emergen como nuevas condiciones de posibilidad del libre comercio en el contexto mesoamericano.

En conjunto, los hallazgos sugieren que la relación México–El Salvador no solo confirma la vigencia de la economía política smithiana, sino que la expande hacia una teoría integral de ventajas absolutas dinámicas, en la que el costo se redefine como una combinación de tiempo, cumplimiento normativo y riesgo sistémico. De este modo, el intercambio comercial bilateral se configura como un laboratorio empírico de la adaptación contemporánea de los postulados clásicos a un orden económico interdependiente, sostenible y tecnológicamente mediado.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad de Sonsonate.

Referencias

- Alfaro, M., & González, P. (2021). **Pesca y exportación de tiburones en Mesoamérica: comercio, regulación y desafíos.** Editorial UCA.
- Asociación Azucarera de El Salvador. (2023). **Informe anual de exportaciones 2023.** <https://www.azucar.com.sv>
- Baldwin, R. (2016). **The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization.** Harvard University Press.
- Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR). (2015). **Importaciones de El Salvador desde México 2009–2013.**
- Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR). (2023). **Estadísticas de comercio exterior.** <https://www.bcr.gob.sv>
- Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR). (2024). **Comercio exterior El Salvador–México 2019–2023: series anuales y trimestrales.** <https://www.bcr.gob.sv>
- Banco Mundial. (2023). **World Development Indicators.** <https://databank.worldbank.org>
- Banco Mundial. (2024). **World Development Indicators: México y El Salvador (2019–2022).** <https://databank.worldbank.org>
- Bhagwati, J. (2002). **Free Trade Today.** Princeton University Press.
- Chacholiades, M. (1992). **Economía internacional: Teoría y política comercial.** McGraw-Hill.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). (2023). **Marco regulatorio y autorizaciones sanitarias de medicamentos en México.** Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cofepris>

- Confederación Nacional de la Industria (CNI). (2023). *Informe sector aeronáutico brasileño.*
- Dirección Nacional de Medicamentos (DNM). (2023). *Normativa para registro, control y vigilancia de productos farmacéuticos en El Salvador.* Gobierno de El Salvador. <https://www.dnm.gob.sv>
- Eurostat. (2024). *European trade indicators 2024.* <https://ec.europa.eu/eurostat>
- FAO. (2023). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Huerta de Soto, J. (2010). *Socialismo, cálculo económico y función empresarial.* Unión Editorial.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). *Indicadores de la industria automotriz 2024.* <https://www.inegi.org.mx>
- Krugman, P. R., Obstfeld, M., & Melitz, M. (2018). *International Economics: Theory and Policy* (11th ed.). Pearson.
- Lipsey, R. G., & Chrystal, K. A. (2007). *Economics* (11th ed.). Oxford University Press.
- López, R. (2021). *Cadenas agroindustriales en Mesoamérica: retos y oportunidades en el sector avícola.* Editorial FLACSO.
- Mankiw, N. G. (2012). *Principios de economía* (6.^a ed.). Cengage Learning.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2023). *Informe técnico sobre reproducción y comercialización de peces de agua dulce en embalses salvadoreños.* Dirección General de Pesca y Acuicultura.
- Ministerio de Economía de El Salvador (MINEC). (2015). *Tratado Único México-Centroamérica – Informe de integración comercial.*
- Ministerio de Economía de El Salvador (MINEC). (2023). *Tratado Único México-Centroamérica: Informe técnico de integración comercial.*
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2023). *Trade and Production Outlook 2023.*
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2024). *Human Development Reports: Human Development Index (HDI) 2019–2022.* <https://hdr.undp.org>
- Ronderos, C. (2006). *El ajedrez del libre comercio.* Editorial Planeta.
- Salvatore, D. (2013). *Economía internacional* (11.^a ed.). McGraw-Hill.
- Secretaría de Economía de México. (2012). *Tratado de Libre Comercio México–Centroamérica.*
- Secretaría de Economía de México. (2019). *Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC): texto y anexos.* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/se>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2023). *Protocolos para la importación de aves vivas y productos avícolas.* Gobierno de México.
- Smith, A. (1776 [2011]). *La riqueza de las naciones* (J. Vernet, Trad.). Alianza Editorial.
- Villalba, K. (2017). *Teorías del comercio internacional.* Universidad Internacional de La Rioja (UNIR).

Desarrollo de competencias socioemocionales para prevención de riesgos psicosociales en jóvenes: impacto en la salud mental y el bienestar emocional.

Development of socio-emotional competencies for the prevention of psychosocial risks in young people: impact on mental health and emotional well-being

Xiomara Beatriz Alfaro Rivera

Colegio Salarrué, Sonsonate

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4011-0397>

ar19e16001@usonsonate.edu.sv

Enviado: 15 de febrero de 2025

Aceptado: 28 de julio de 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

La presente investigación analiza la influencia del desarrollo de competencias socioemocionales en la prevención de riesgos psicosociales y su impacto en la salud mental de los estudiantes de educación media del Complejo Educativo "Dolores de Brito", en Sonsonate, El Salvador. Mediante un enfoque mixto, de tipo correlacional y diseño no experimental de corte transversal, se aplicaron encuestas estructuradas a 110 estudiantes y entrevistas semiestructuradas a cuatro docentes, con el propósito de identificar niveles de desarrollo socioemocional y factores de riesgo vinculados al bienestar emocional. Los resultados evidencian que las dimensiones de autoconocimiento, autorregulación, conciencia social y habilidades interpersonales presentan niveles altos, mientras que la toma de decisiones responsable y los riesgos psicosociales se ubican en niveles medios. Se concluye que fortalecer las competencias socioemocionales constituye un mecanismo preventivo eficaz frente a la ansiedad, el estrés y la desmotivación escolar, además de contribuir a la consolidación de entornos educativos saludables, inclusivos y resilientes. El estudio destaca la necesidad de integrar la educación emocional como eje transversal de la formación integral y de promover

programas institucionales que garanticen el bienestar y la salud mental de la población estudiantil salvadoreña.

Palabras clave

Bienestar emocional, competencias socioemocionales, riesgos psicosociales, salud mental.

Abstract

This study examines how the development of socio-emotional competencies influences the prevention of psychosocial risks and impacts the mental health of upper secondary students at Complejo Educativo "Dolores de Brito" in Sonsonate, El Salvador. Using a mixed-methods, correlational approach with a non-experimental, cross-sectional design, structured surveys were administered to 110 students and semi-structured interviews to four teachers, aiming to identify levels of socio-emotional development and risk factors related to emotional well-being. The findings show high levels in the dimensions of self-awareness, self-regulation, social awareness, and interpersonal skills, while responsible decision-making and psychosocial risks appear at

psychosocial risks appear at moderate levels. It is concluded that strengthening socio-emotional competencies is an effective preventive mechanism against anxiety, stress, and school demotivation, and it contributes to building healthy, inclusive, and resilient educational environments. The study underscores the need to integrate emotional education as a cross-cutting axis of holistic training and to promote institutional programs that ensure the well-being and mental health of the Salvadoran student population.

Keywords

Emotional well-being, Social and emotional competencies
Psychosocial risks, Mental health

Introducción

“Educar la mente sin educar el corazón no es educar en absoluto.”

—Aristóteles

En las últimas décadas, la salud mental de los adolescentes ha adquirido relevancia global como un componente esencial del bienestar humano y del desarrollo sostenible. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) advierten que cerca del 20 % de los adolescentes experimentan algún trastorno de salud mental, siendo la depresión, la ansiedad y los comportamientos de riesgo las manifestaciones más frecuentes. Esta situación se agrava en contextos de vulnerabilidad social, donde la exposición a la violencia, la pobreza y la desintegración familiar incrementa el riesgo de afectaciones emocionales y de deserción escolar. En consecuencia, la escuela emerge como un espacio estratégico para promover el bienestar psicológico y prevenir riesgos psicosociales mediante programas formativos centrados en el desarrollo socioemocional. El interés por las competencias socioemocionales ha crecido significativamente en la psicología educativa y la pedagogía contemporánea, ya que constituyen un conjunto de habilidades que permiten comprender y gestionar las emociones, establecer relaciones saludables y tomar decisiones responsables (CASEL, 2020; Bisquerra & Pérez, 2012). Estas competencias, integradas en el marco del aprendizaje socioemocional, se vinculan directamente con la salud mental y el éxito académico. De acuerdo con Payton et al. (2008), los programas educativos que incluyen la educación emocional logran reducir los problemas de conducta, mejorar el rendimiento y fortalecer la resiliencia del alumnado.

En el contexto latinoamericano, diversos estudios subrayan la necesidad de incorporar un enfoque integral en la formación de los jóvenes, donde la educación emocional y el acompañamiento psicosocial sean ejes transversales de la práctica educativa (Arango, Orjuela, Buitrago & Lesmes, 2024; Fonseca et al., 2023). En El Salvador, esta necesidad se vuelve más apremiante debido a la persistencia de factores estructurales que impactan el bienestar emocional de los estudiantes, como la inseguridad social, los problemas familiares y las limitadas políticas de salud mental escolar (Ministerio de Salud & UNICEF, 2022). Sin embargo, a pesar del reconocimiento teórico de la importancia de las competencias socioemocionales, las investigaciones locales sobre su aplicación y efectividad en la prevención de riesgos psicosociales son aún escasas.

El propósito de esta revisión es analizar el cuerpo teórico y empírico existente en torno a la relación entre el desarrollo de competencias socioemocionales, la salud mental y la prevención de riesgos psicosociales en adolescentes de educación media. Para ello, se realizó una búsqueda sistemática de literatura en bases de datos académicas como Scielo, Redalyc, EBSCO y ERIC, priorizando publicaciones de los últimos cinco años y estudios que abordaran experiencias de intervención educativa. Los criterios de selección incluyeron: a) pertinencia temática en el ámbito educativo; b) enfoque teórico o empírico sobre educación emocional y salud mental; y c) relevancia metodológica y actualidad de las fuentes.

Desde un enfoque documental y crítico, la revisión pretende identificar los avances conceptuales, las estrategias implementadas y las brechas de conocimiento relacionadas con la educación emocional como herramienta de prevención psicosocial. Asimismo, busca proponer lineamientos que orienten la construcción de programas institucionales de educación socioemocional adaptados al contexto salvadoreño. En suma, este análisis aporta una mirada integradora sobre la importancia de las competencias socioemocionales como fundamento para fortalecer la salud mental y el bienestar de los adolescentes, consolidando el papel de la escuela como espacio de desarrollo humano y resiliencia emocional.

Desarrollo

1. Fundamentos teóricos de las competencias socioemocionales

Las competencias socioemocionales se conciben como un conjunto de habilidades que permiten al individuo comprender y gestionar sus emociones, establecer relaciones interpersonales saludables y tomar decisiones responsables. Estas competencias son la base del aprendizaje socioemocional (ASE), entendido como un proceso continuo de desarrollo personal y social que favorece la adaptación, la convivencia y la resiliencia (CASEL, 2020). Desde la perspectiva pedagógica, Bisquerra y Pérez (2012) destacan que el aprendizaje emocional constituye una dimensión esencial de la educación integral, puesto que contribuye tanto al equilibrio psicológico como al desempeño académico.

La literatura internacional clasifica las competencias socioemocionales en cinco grandes dimensiones: autoconocimiento, autorregulación, conciencia social, habilidades de relación y toma de decisiones responsable (Payton et al., 2008). Cada una cumple una función específica en el desarrollo humano: el autoconocimiento facilita la identificación de emociones y fortalezas; la autorregulación promueve el control de impulsos; la conciencia social fomenta la empatía y el respeto por las diferencias; las habilidades interpersonales potencian la comunicación efectiva; y la toma de decisiones responsable orienta el comportamiento ético. Arango, Orjuela, Buitrago y Lesmes (2024) sostienen que estas competencias no son rasgos innatos, sino capacidades susceptibles de ser desarrolladas mediante procesos educativos planificados y sostenidos.

El auge del enfoque socioemocional responde a la necesidad de humanizar la educación en contextos marcados por la incertidumbre, la desigualdad y la fragmentación social. La formación académica, desvinculada de las emociones, ha demostrado ser insuficiente para atender los desafíos contemporáneos de convivencia y salud mental. Por ello, la incorporación del aprendizaje socioemocional en los currículos escolares se ha convertido en una estrategia prioritaria para fortalecer el bienestar individual y colectivo (Sanmartín & Tapia, 2023).

2. Relación entre las competencias socioemocionales y la salud mental

Numerosos estudios coinciden en que el desarrollo de competencias socioemocionales está estrechamente vinculado con la promoción de la salud mental y la prevención de trastornos emocionales en adolescentes (Fonseca et al., 2023; OMS, 2021). La evidencia científica indica que los estudiantes con mayores niveles de autoconocimiento, autorregulación y empatía presentan menor incidencia de ansiedad, depresión y conductas agresivas (Payton et al., 2008). En esta línea, Repetto y Peña (2010) afirman que la educación emocional actúa como un factor de protección que permite a los jóvenes afrontar las demandas del entorno, gestionar el estrés y mantener una percepción positiva de sí mismos.

En América Latina, la salud mental juvenil se ve afectada por múltiples factores estructurales, entre ellos la pobreza, la violencia intrafamiliar y la escasa atención institucional (Gutiérrez et al., 2014). Estas condiciones aumentan la vulnerabilidad emocional de los adolescentes y dificultan la consolidación de entornos educativos saludables. En este contexto, la formación socioemocional adquiere un papel transformador al proporcionar herramientas de afrontamiento que fortalecen la resiliencia y el sentido de pertenencia. Según Arango et al. (2024), la promoción de la inteligencia emocional en el aula contribuye a reducir la desmotivación y la conflictividad, al tiempo que mejora la convivencia y la autoperción de bienestar.

De acuerdo con la OMS (2021), los programas escolares que integran el aprendizaje socioemocional generan efectos positivos en la salud mental a corto y largo plazo, especialmente cuando se implementan de manera sistemática y participativa. Estos programas favorecen la adquisición de hábitos saludables de comunicación y resolución de conflictos, además de fomentar la autorreflexión y la empatía. De esta forma, la escuela se configura como un entorno de prevención y promoción de la salud emocional, contribuyendo al desarrollo integral del estudiante y al fortalecimiento de su identidad.

3. Estrategias educativas para la prevención de riesgos psicosociales

La educación emocional como estrategia preventiva se ha consolidado como una herramienta clave para reducir la incidencia de riesgos psicosociales en adolescentes.

Según Lemos y Repetto (2014), el abordaje preventivo requiere metodologías activas que permitan a los estudiantes experimentar y reflexionar sobre sus emociones en contextos reales de convivencia. Estas estrategias incluyen actividades de autorreflexión, tutorías socioemocionales, mediación escolar, programas de mentoría y proyectos comunitarios que fomenten la cooperación y la empatía.

Experiencias internacionales demuestran que los programas basados en competencias socioemocionales generan impactos positivos sostenibles. Por ejemplo, Payton et al. (2008) documentan reducciones significativas en conductas antisociales y mejoras en el rendimiento académico en estudiantes que participaron en programas de aprendizaje socioemocional. En América Latina, Arango et al. (2024) reportan que la aplicación de talleres sobre autoconocimiento y regulación emocional contribuyó al fortalecimiento de la autoestima y al manejo saludable del estrés en jóvenes escolarizados.

En el caso salvadoreño, la Encuesta Nacional de Salud Mental en Adolescentes (Ministerio de Salud & UNICEF, 2022) destaca la necesidad urgente de implementar programas de apoyo psicológico en los centros educativos, dado que un alto porcentaje de jóvenes manifiesta síntomas de ansiedad, desmotivación y fatiga emocional. No obstante, la cobertura de servicios psicosociales sigue siendo limitada y la formación docente en educación emocional continúa incipiente. Fonseca et al. (2023) subrayan que el éxito de las estrategias de prevención depende del compromiso institucional y de la capacitación del profesorado, quienes deben actuar como mediadores emocionales y guías del proceso formativo. La evidencia indica que la prevención de riesgos psicosociales no puede abordarse solo desde la intervención clínica o psicológica, sino que debe integrarse como un componente transversal de la práctica pedagógica. La formación socioemocional, cuando se aplica de forma estructurada y sostenida, no solo previene problemas de salud mental, sino que también fortalece comunidades educativas resilientes, colaborativas y emocionalmente competentes (Repetto & Peña, 2010; Sanmartín & Tapia, 2023).

4. Brechas de conocimiento y desafíos para la investigación educativa

A pesar de los avances conceptuales y empíricos, la literatura revisada evidencia brechas importantes en la

implementación y evaluación de programas de educación socioemocional en contextos latinoamericanos. Persisten limitaciones en la sistematización de experiencias, en la adaptación cultural de los modelos y en la medición de sus resultados a largo plazo (Fonseca et al., 2023). Asimismo, la mayoría de los estudios se concentran en países con mayores recursos educativos, lo que deja vacíos en la comprensión del fenómeno en naciones como El Salvador, donde los desafíos estructurales condicionan la salud mental juvenil.

Otro aspecto crítico es la escasa articulación entre políticas públicas y programas escolares de bienestar emocional. Según la OMS (2021), las estrategias de promoción de la salud mental deben basarse en un enfoque multisectorial que involucre a las instituciones educativas, de salud y de protección social. En el ámbito salvadoreño, esta articulación se encuentra aún en fase inicial, lo que limita la sostenibilidad de las intervenciones. Por ello, futuras investigaciones deberían centrarse en la creación de modelos integrales que combinen la educación emocional, la participación familiar y el acompañamiento institucional como ejes de prevención y desarrollo humano.

Conclusiones

El análisis exhaustivo de la literatura científica revisada permite afirmar que el fortalecimiento de las competencias socioemocionales constituye una estrategia integral y sostenible para promover la salud mental y prevenir los riesgos psicosociales en adolescentes de educación media. A lo largo de las últimas dos décadas, la comunidad académica ha coincidido en que el desarrollo emocional y social no es un proceso accesorio dentro de la formación educativa, sino una dimensión central del crecimiento humano y del aprendizaje significativo. En consecuencia, la escuela debe asumirse como un espacio de contención afectiva y de construcción de sentido, donde las emociones, la empatía y la autorregulación adquieran el mismo valor formativo que las competencias cognitivas tradicionales (Bisquerra & Pérez, 2012).

El aprendizaje socioemocional (ASE), enmarcado en las cinco dimensiones propuestas por la CASEL (2020), se erige como una herramienta clave para fortalecer la resiliencia psicológica, mejorar las relaciones interpersonales y promover la toma de decisiones responsables. Los estudios revisados evidencian que los estudiantes que participan en programas sistemáticos

de ASE presentan mejoras notables en el rendimiento académico, la convivencia escolar y la autorregulación emocional. Además, dichos programas contribuyen a reducir significativamente los niveles de ansiedad, impulsividad y desmotivación, fenómenos cada vez más comunes en los entornos escolares contemporáneos (Payton et al., 2008; Fonseca et al., 2023).

A nivel latinoamericano, los hallazgos señalan que la incorporación de la educación emocional en los currículos escolares sigue siendo un desafío pendiente. Aunque existen avances normativos y discursivos en torno al bienestar integral, la mayoría de los sistemas educativos de la región continúan priorizando la instrucción cognitiva sobre el desarrollo socioafectivo (Arango, Orjuela, Buitrago & Lesmes, 2024). En el caso específico de El Salvador, los datos de la Encuesta Nacional de Salud Mental en Adolescentes (Ministerio de Salud & UNICEF, 2022) reflejan un incremento en los síntomas de ansiedad, fatiga emocional y dificultades de socialización entre los jóvenes, lo que pone en evidencia la urgente necesidad de políticas educativas orientadas a la promoción del bienestar psicológico desde la escuela.

Los resultados de la revisión confirman que la prevención de riesgos psicosociales —como el estrés académico, la violencia escolar, el aislamiento y la falta de motivación— debe ser abordada desde un enfoque educativo integral y no únicamente desde la intervención clínica o asistencial. En este sentido, la educación emocional actúa como un factor protector que favorece la adquisición de estrategias de afrontamiento, el fortalecimiento de la autoestima y la construcción de vínculos saludables. Asimismo, la aplicación de metodologías activas, como el aprendizaje cooperativo, la tutoría socioemocional y la mediación escolar, permite que los estudiantes desarrollos habilidades de comunicación asertiva y resolución pacífica de conflictos, generando ambientes escolares más seguros e inclusivos (Lemos & Repetto, 2014; Sanmartín & Tapia, 2023).

Otro aspecto relevante que emerge del análisis es la función central del docente como mediador emocional. La literatura destaca que el profesorado no solo transmite conocimientos, sino que también modela actitudes y comportamientos emocionales. Por ello, la formación inicial y continua de los educadores debe incluir contenidos vinculados al manejo emocional, la empatía y la gestión del aula desde la perspectiva del bienestar.

Tal preparación permitirá que los docentes reconozcan señales de riesgo psicosocial en sus estudiantes y actúen de manera preventiva, favoreciendo la intervención temprana y el acompañamiento personalizado (Repetto & Peña, 2010; Fonseca et al., 2023). Sin esta preparación, los esfuerzos institucionales por fortalecer la salud mental escolar se ven limitados o desarticulados.

En el plano de las políticas públicas, se evidencia la necesidad de articular acciones entre los ministerios de educación, salud y bienestar social, a fin de consolidar programas nacionales de educación socioemocional. La experiencia internacional demuestra que las estrategias intersectoriales resultan más efectivas cuando integran tres niveles de acción: prevención universal en el aula, intervención focalizada con grupos vulnerables y atención especializada para casos de mayor complejidad (OMS, 2021). La adopción de este enfoque multisectorial en El Salvador contribuiría a reducir la fragmentación institucional y a garantizar la continuidad de los programas de acompañamiento psicológico en los centros educativos. A nivel teórico, esta revisión aporta una visión integradora del vínculo entre competencias socioemocionales y salud mental, al considerar la educación emocional no solo como una herramienta pedagógica, sino como una dimensión de desarrollo humano y justicia social. Fomentar la empatía, la autoconciencia y la autorregulación en la adolescencia significa también empoderar a las nuevas generaciones para construir sociedades más pacíficas, solidarias y equitativas. Este enfoque humanista de la educación responde al paradigma contemporáneo de bienestar sostenible, que concibe la salud mental como un derecho fundamental y no como un privilegio (Fonseca et al., 2023; Arango et al., 2024).

De igual forma, el análisis revela vacíos importantes en la investigación empírica regional, especialmente en la evaluación longitudinal de los programas socioemocionales. La mayoría de los estudios revisados son de corte transversal, centrados en la percepción de los actores educativos, sin medir los efectos sostenidos de las intervenciones en el tiempo. En consecuencia, se recomienda que futuras investigaciones adopten diseños longitudinales y enfoques mixtos que permitan establecer relaciones causales entre las prácticas socioemocionales y los indicadores de salud mental y rendimiento académico.

Asimismo, se sugiere desarrollar modelos educativos contextualizados, adaptados a la realidad cultural, económica

y social de los adolescentes salvadoreños. Dichos modelos deben reconocer la diversidad, incorporar la participación familiar y comunitaria, y utilizar herramientas tecnológicas que potencien la educación emocional de forma interactiva. Este enfoque innovador permitiría consolidar comunidades escolares resilientes y emocionalmente inteligentes, capaces de afrontar los desafíos del siglo XXI con equilibrio y solidaridad.

Finalmente, el conjunto de evidencias analizadas reafirma que la educación socioemocional no solo promueve el bienestar individual, sino que fortalece la cohesión social y la cultura de paz. Implementar programas de desarrollo emocional desde edades tempranas tiene un efecto multiplicador: mejora la convivencia escolar, reduce la violencia estructural y promueve la equidad de género y la inclusión. Por tanto, integrar la educación emocional en la política educativa nacional no es una opción, sino una necesidad impostergable para garantizar la formación integral de los jóvenes y el progreso humano sostenible en El Salvador y en toda la región latinoamericana. En suma, el desarrollo de competencias socioemocionales representa una apuesta ética y educativa por una escuela más humana, sensible y comprometida con la salud mental de sus estudiantes. Promover la educación emocional equivale a sembrar las bases de una sociedad más empática, resiliente y solidaria, capaz de transformar la adversidad en oportunidad y el aprendizaje en bienestar.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad de Sonsonate.

Referencias

- Arango, P., Orjuela, C., Buitrago, A., & Lesmes, Ó. (2024). Importancia de las habilidades socioemocionales en la educación: una revisión documental. RHS-Revista Humanismo Y Sociedad. doi:<https://doi.org/10.22209/rhs.v12n2a05>
- Cuello, L. (2024). La Salud Mental de los adolescentes en los contextos educativos del SENA durante la Postpandemia: una aproximación teórica desde los actores educativos. Universidad Pedagógica Experimental Libertador "Gervasio Rubio".
- Fonseca, E., Calvo, P., Díez, A., Pérez, A., Beatriz, L., & Al-Halabí, S. (2023). La salud mental de los adolescentes en contextos educativos: Reflexiones derivadas del estudio PSICE. Consejo General de la Psicología de España. Consejo General de la Psicología de España.
- Gutiérrez, J., Mancía, S., Parada, D., Rodriguez, S., & Mena, M. (2014). Evaluación de los factores psicosociales de riesgo y de protección de violencia juvenil en El Salvador. Fundación Paniamor / Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/262522987>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed.). McGraw Hill Education.
- Martínez, G., Torres, M., & Ríos, V. (2020). El contexto familiar y su relación con el rendimiento académico. IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH, 1-17.
- Ministerio de Salud & UNICEF. (2022). Encuesta Nacional de Salud Mental en Adolescentes El Salvador 2022. Obtenido de <https://www.unicef.org/elsalvador/media/5046/file>
- Monarca, H., Rappoport, S., & Sandoval, M. (2013). La configuración de los procesos de inclusión y exclusión educativa. Una lectura desde la transición entre Educación Primaria y Educación. Revista de Investigación en Educación, 192-206.
- Núñez, J., González, J., García, M., González, S., Roces, C., Álvarez, L., & González, M. (1998). Estrategias de aprendizaje, autoconcepto y rendimiento académico. Psicothema.
- OMS. (2021). Salud mental de los adolescentes. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health>
- Orcasita, L., & Uribe, A. (2010). La importancia del apoyo social en el bienestar de los adolescentes. Psychología. Avances de la disciplina.

- Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/salud-mental>
- Pérez, P., Pérez, H., & Guevara, G. (2022). Factores de riesgo y desarrollo de resiliencia en adolescentes. *Uisrael*, 9(2).
- Arango, P., Orjuela, C., Buitrago, A., & Lesmes, Ó. (2024). Importancia de las habilidades socioemocionales en la educación: una revisión documental. *RHS-Revista Humanismo Y Sociedad*. doi:<https://doi.org/10.22209/rhs.v12n2a05>
- Cubí, M. (2017). *Pediatría Integral* (Vol. XXI). sepear.
- Cuello, L. (2024). La Salud Mental de los adolescentes en los contextos educativos del SENA durante la Postpandemia: una aproximación teórica desde los actores educativos. Universidad Pedagógica Experimental Libertador "Gervasio Rubio".
- Fonseca, E., Calvo, P., Díez, A., Pérez, A., Beatriz, L., & Al-Halabí, S. (2023). La salud mental de los adolescentes en contextos educativos: Reflexiones derivadas del estudio PSICE. Consejo General de la Psicología de España. Consejo General de la Psicología de España.
- Gutiérrez, J., Mancía, S., Parada, D., Rodriguez, S., & Mena, M. (2014). Evaluación de los factores psicosociales de riesgo y de protección de violencia juvenil en El Salvador. Fundación Paniamor / Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/262522987>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mc Graw Hill Education.
- Martínez, G., Torres, M., & Ríos, V. (2020). El contexto familiar y su relación con el rendimiento académico. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 1-17.
- Ministerio de Salud & UNICEF. (2022). Encuesta Nacional de Salud Mental en Adolescentes El Salvador 2022. Obtenido de <https://www.unicef.org/elsalvador/media/5046/file>
- Monarca, H., Rappoport, S., & Sandoval, M. (2013). La configuración de los procesos de inclusión y exclusión educativa. Una lectura desde la transición entre Educación Primaria y Educación. *Revista de Investigación en Educación*, 192-206.
- Núñez, J., González, J., García, M., González, S., Roces, C., Álvarez, L., & González, M. (1998). Estrategias de aprendizaje, autoconcepto y rendimiento académico. *Psicothema*.
- OMS. (2021). Salud mental de los adolescentes. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health>
- Orcasita, L., & Uribe, A. (2010). La importancia del apoyo social en el bienestar de los adolescentes. *Psychología. Avances de la disciplina*.
- Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/salud-mental>
- Pérez, P., Pérez, H., & Guevara, G. (2022). Factores de riesgo y desarrollo de resiliencia en adolescentes. *Uisrael*, 9(2).
- Quecedo, R., & Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*.
- Repetto, E., & Pena, M. (2010). Las Competencias Socioemocionales como Factor de Calidad en la Educación. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 82-95.
- Ripoll, M., Ripoll, A., & Vásquez, F. (2016). La formación ciudadana en la Escuela: Educando críticos y activos. *Revista Inclusión y Desarrollo*.
- Rodríguez, C., Hernández, S., Celma, L., & Cardoso, M. (2018). Mejora de las competencias socioemocionales en el aula, con jóvenes de Educación Secundaria, mediante el programa SEA. *Revista Electrónica de Investigación en Psicología Educativa*.

Román, G., López, F., Chillo, B., & González, C. (2023). Impacto de las competencias socioemocionales en los adolescentes de educación media. *Revista científica Espacial Multidisciplinaria*.

Romero, A., Ruíz, E., Seña, K., Quintanilla, M., & Agudelo, J. (2021). Aproximaciones interdisciplinarias sobre diversos escenarios posteriores a la pandemia del COVID-19. *Universidad Pontificia Bolivariana*, 45-60.

Sanmartín, R., & Tapia, S. (2023). La importancia de la educación emocional en la formación integral de los estudiantes. *Ciencia Latina. Revista Multidisciplinaria*. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6285

UNESCO. (2019). *Habilidades socioemocionales en América Latina y el Caribe: Estudio Regional Comparativo y Explicativo*. UNESCO.

Villamil, H. (2008). Del constructivismo al construcciónismo: implicaciones educativas. *Revista Educación y Desarrollo Socia*.

Integración de modelos de negocios digitales en la gestión de empresas en la zona Occidental de El Salvador

Integration of Digital Business Models in Business Management in the Western Zone of El Salvador

Jaime Ernesto Rivera Quintanilla

Investigador Independiente

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1566-9001>

jaimerivera25@hotmail.com

Enviado: 15 de febrero de 2025

Aceptado: 28 de julio de 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

El estudio analiza la integración de modelos de negocios digitales en la gestión de MIPYMES de la zona occidental de El Salvador, y su contribución a la competitividad y sostenibilidad empresarial. Se adoptó un enfoque mixto de orientación pragmática: encuestas estructuradas a 80 MIPYMES de Sonsonate y Santa Ana, y entrevistas a actores clave del ecosistema de apoyo. Los resultados evidencian una alta adopción de operaciones digitales (86.2%), enfocada principalmente en atención al cliente (22%) y finanzas (17%), con uso de comercio electrónico (61.7%) y marketing digital (55.6%). Pese a ello, la planeación estratégica digital es incipiente (2%). Se identifican necesidades críticas de capacitación en herramientas digitales (79%) y de apoyos administrativos/financieros digitalizados (71%), junto con una brecha de soporte institucional percibida por 90.7% de las empresas. Las firmas asocian la digitalización con mejor posicionamiento (82%) y reducción de costos (77.6%). Se concluye que la adopción de modelos digitales fortalece la competitividad y sostenibilidad, pero requiere infraestructura, formación de talento y articulación de apoyos para escalar hacia diversificación e internacionalización. El trabajo aporta evidencia empírica para orientar políticas públicas y programas de intervención que transiten de la “presencia en línea” a la integración digital estratégica.

Palabras clave

Modelos de negocios digitales, MIPYMES, transformación digital, Industria 4.0, competitividad, sostenibilidad, comercio electrónico, marketing digital, capital humano, apoyo institucional, El Salvador

Abstract

The study analyzes the integration of digital business models in the management of MSMEs in the western region of El Salvador and their contribution to business competitiveness and sustainability. A mixed-methods approach with a pragmatic orientation was adopted, combining structured surveys of 80 MSMEs from Sonsonate and Santa Ana with interviews of key actors in the support ecosystem. The results show a high level of digital operations adoption (86.2%), mainly focused on customer service (22%) and finance (17%), with the use of e-commerce (61.7%) and digital marketing (55.6%). Despite this, digital strategic planning remains incipient (2%). Critical needs were identified in training for digital tools (79%) and in digitalized administrative/financial support (71%), along with a perceived institutional support gap reported by 90.7% of companies. Firms associate digitalization with better market positioning (82%) and cost reduction (77.6%). It is concluded that the adoption of digital models strengthens competitiveness and sustainability but

requires infrastructure, talent development, and coordinated support mechanisms to scale toward diversification and internationalization. The study provides empirical evidence to guide public policies and intervention programs aimed at moving from mere “online presence” to strategic digital integration.

Keywords

Digital business models, MSMEs (Micro, Small and Medium-sized Enterprises), digital transformation, Industry 4.0, competitiveness, sustainability, e-commerce, digital marketing, human capital, institutional support.

Introducción

El desarrollo económico de El Salvador depende en gran medida de la capacidad de sus empresas para adaptarse a los entornos tecnológicos contemporáneos. En este contexto, la presente investigación tiene como propósito identificar los factores clave que fortalecen la gestión y el desarrollo empresarial en la zona occidental del país mediante la adopción de herramientas digitales. Este estudio cobra relevancia al abordar una brecha de conocimiento persistente sobre las capacidades reales de adaptación tecnológica de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) en una de las regiones más productivas del territorio salvadoreño. El objetivo general consiste en analizar cómo la integración de modelos de negocios digitales contribuye a la competitividad y sostenibilidad de dichas empresas, para posteriormente formular estrategias y recomendaciones orientadas a su inserción efectiva en la economía digital.

En el escenario económico global actual, la innovación tecnológica constituye un factor determinante para el desarrollo social y económico de las naciones. En el caso de las MIPYMES salvadoreñas, la incorporación de modelos de negocios digitales se configura como una estrategia esencial para mejorar su competitividad, sostenibilidad y capacidad de adaptación frente a mercados cada vez más dinámicos e interconectados. Sin embargo, pese a las oportunidades que ofrecen tecnologías emergentes como el Big Data, la inteligencia artificial y la interconectividad propia de la Industria 4.0, muchas empresas latinoamericanas —y El Salvador no es la excepción— enfrentan dificultades estructurales y operativas para adoptar e implementar estas herramientas de manera eficaz. El desafío principal radica en fortalecer

las potencialidades de las MIPYMES para realizar operaciones digitales sostenibles, aprovechando los avances tecnológicos como motor de crecimiento y diferenciación competitiva. Aunque existe conciencia empresarial sobre la necesidad de innovar, limitaciones como el acceso restringido a financiamiento, los altos costos fijos y la competencia intensificada en mercados globalizados obstaculizan la transformación digital plena. Desde una perspectiva conceptual, los modelos de negocios digitales se entienden como la arquitectura de valor que permite a las empresas crear, entregar y capturar valor en entornos tecnológicos (Teece, 2018; Osterwalder & Pigneur, 2010; Amit & Zott, 2001). Dichos modelos trascienden la simple digitalización de procesos, al implicar una reconfiguración integral de la propuesta de valor, la infraestructura organizacional y las relaciones con clientes y aliados estratégicos. La digitalización abarca desde el comercio electrónico y el marketing digital hasta la gestión de operaciones internas y la toma de decisiones basada en datos. En el marco de la Cuarta Revolución Industrial, tecnologías como la inteligencia artificial, la automatización inteligente y el blockchain están transformando las cadenas de valor, promoviendo una mayor eficiencia y reducción de costos operativos, al tiempo que generan nuevas oportunidades de negocio.

La transformación digital de las MIPYMES latinoamericanas presenta una combinación de oportunidades y desafíos estructurales. Organismos como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial han señalado que, aunque la economía digital impacta positivamente sectores tradicionales como la agricultura y el turismo, persisten amplias brechas en infraestructura tecnológica y en la adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En este sentido, El Salvador se posiciona entre las economías con menor desarrollo tecnológico empresarial, lo que limita sus oportunidades de expansión y consolidación. A pesar de la disponibilidad de tecnologías, la transferencia y adaptación de innovaciones generadas en países desarrollados a las condiciones y capacidades locales continúa siendo un reto, impidiendo el aprovechamiento pleno de ventajas competitivas sostenibles.

La competitividad empresarial en entornos digitales no se reduce a la presencia en línea; exige una integración estratégica de procesos y herramientas tecnológicas que optimicen la cadena de valor, mejoren la eficiencia

de sus procesos. No obstante, la persistente brecha tecnológica y la calidad desigual de la conectividad en América Latina limitan la materialización de estos beneficios.

En consecuencia, esta investigación se orienta a profundizar en los factores que condicionan la transformación digital de las MIPYMES en la zona occidental de El Salvador, identificando tanto los niveles actuales de adopción tecnológica como las necesidades de apoyo institucional que podrían potenciar su competitividad y sostenibilidad.

Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto de naturaleza pragmática, el cual integra componentes cuantitativos y cualitativos con el propósito de alcanzar una comprensión holística y contextualizada del fenómeno estudiado. Este enfoque permite triangular información proveniente de distintas fuentes y métodos, combinando la amplitud y generalización de los datos estadísticos con la profundidad interpretativa de las percepciones subjetivas. Según Creswell y Plano Clark (2018) y Tashakkori y Teddlie (2010), los diseños mixtos son idóneos para investigaciones que buscan explicar relaciones complejas entre variables empíricas y contextos sociales, articulando la objetividad cuantitativa con la comprensión cualitativa. En consonancia con estos postulados, el estudio adoptó un diseño exploratorio-descriptivo, orientado a identificar patrones de adopción digital en las MIPYMES y caracterizar los factores que influyen en su competitividad y sostenibilidad empresarial.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) de la zona occidental de El Salvador, pertenecientes a sectores estratégicos como agroindustria, textil y confección, turismo, comercio y servicios. Para la fase cuantitativa, se utilizó un muestreo probabilístico aleatorio simple, a partir del directorio empresarial de la DIGESTIC/CONAMYPE (2017) como marco muestral. Con base en una población estimada de 35,487 empresas en la región occidental —particularmente en los municipios de Santa Ana y Sonsonate— se determinó una muestra representativa de 80 empresas, calculada con un nivel de confianza del 90% y un margen de error del 5%.

Instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Para la obtención de los datos cuantitativos se diseñó un cuestionario estructurado orientado a indagar sobre el uso de herramientas digitales, las estrategias comerciales y las necesidades de apoyo institucional. Este instrumento fue administrado de manera presencial y digital a las 80 empresas seleccionadas. Previo a su aplicación, se realizó una validación de contenido mediante juicio de expertos para garantizar la coherencia de los ítems con los objetivos del estudio.

En cumplimiento con los principios éticos de la investigación, se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes, a quienes se explicó el propósito del estudio, la confidencialidad de la información y su derecho a retirarse en cualquier momento. Se aseguró la anonimización de los datos y la protección de las identidades de los informantes durante todo el proceso.

Fase cualitativa y análisis de información

La fase cualitativa se desarrolló mediante entrevistas a profundidad dirigidas a actores clave del ecosistema de apoyo empresarial, incluyendo representantes del Ministerio de Economía, programas de fomento empresarial y universidades vinculadas con la promoción del emprendimiento y la innovación. Estas entrevistas permitieron captar percepciones sobre las políticas de apoyo, las barreras estructurales y las oportunidades de desarrollo digital del sector.

El análisis de la información cualitativa se efectuó a través de un proceso sistemático de análisis de contenido, que comprendió la transcripción de las entrevistas, la identificación de unidades de significado, la codificación temática y la categorización emergente. Este procedimiento se orientó por un enfoque fenomenológico interpretativo, respetando los discursos y experiencias de los participantes para captar las lógicas subyacentes de sus prácticas y percepciones.

Procesamiento y análisis de datos

Los datos cuantitativos fueron procesados mediante el software estadístico SPSS (versión 27), realizando estadísticas descriptivas y análisis de agrupamiento (cluster analysis) para identificar patrones de comportamiento y relaciones entre variables relacionadas

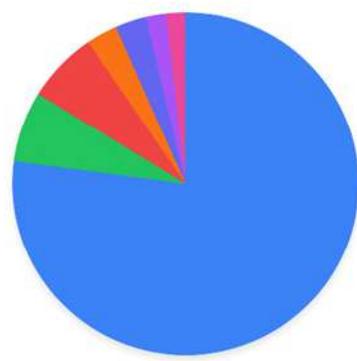
con la adopción tecnológica, las estrategias digitales y los niveles de competitividad empresarial. Los resultados de ambas fases fueron posteriormente integrados mediante triangulación metodológica, lo que permitió construir una interpretación más sólida y coherente de la realidad empresarial digital en la zona occidental de El Salvador.

Resultados

Este apartado presenta los principales hallazgos empíricos sobre el nivel de digitalización y la adopción de modelos de negocios digitales en las MIPYMES de la zona occidental de El Salvador. Los resultados, obtenidos mediante encuestas y entrevistas, describen de forma objetiva la caracterización empresarial, el uso de herramientas digitales, las estrategias comerciales implementadas y las necesidades de apoyo e innovación identificadas. En conjunto, ofrecen una visión clara del estado actual, los avances y los desafíos que enfrenta el sector en su proceso de transformación digital.

Ilustración 1.

Distribución Municipal de las Empresas Encuestadas en la Zona Occidental de El Salvador



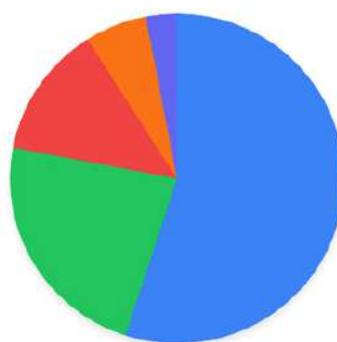
- Sonsonate (77.1%)
- Santa Ana (6.7%)
- Ahuachapán (6.7%)
- Acajutla (2.9%)
- San Francisco Menéndez (2.9%)
- Armenia (1.9%)
- Izalco (1.9%)

La distribución geográfica de las empresas encuestadas evidencia una alta concentración en el departamento de Sonsonate (77.1%), seguido a distancia por Santa Ana y Ahuachapán (6.7% cada uno). En menor proporción, se registran empresas en Acajutla y San Francisco Menéndez

(2.9%), así como en Armenia e Izalco (1.9%). Esta concentración territorial sugiere que la actividad empresarial y la adopción digital se encuentran centralizadas en Sonsonate, un departamento con mayor dinamismo económico, conectividad y presencia institucional de apoyo a MIPYMES. La menor participación de otros municipios refleja asimetrías en la distribución del emprendimiento y en el acceso a recursos tecnológicos, lo que constituye un factor clave para la planificación de políticas de desarrollo digital con enfoque territorial.

Ilustración 2.

Tamaño de las Empresas Encuestadas en la Zona Occidental de El Salvador



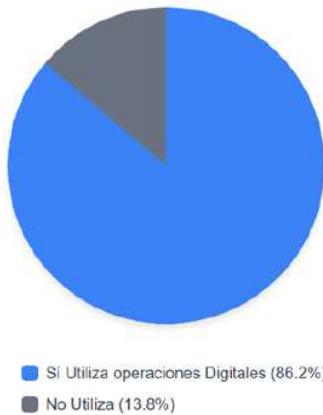
- Microempresa (55%)
- Pequeñas empresas (23%)
- Emprendimientos (13%)
- Medianas empresas (6%)
- Grandes empresas (3%)

El análisis del tamaño empresarial revela una clara predominancia de las microempresas (53.1%), seguidas por las pequeñas empresas (34.7%), mientras que las medianas y grandes representan únicamente 6.1% cada una. Esta composición confirma que el tejido productivo de la zona occidental está conformado principalmente por unidades económicas de pequeña escala, caracterizadas por estructuras organizativas limitadas y escasa disponibilidad de capital. La concentración en el segmento microempresarial resulta relevante, pues condiciona el ritmo y la profundidad de la adopción digital, ya que estas empresas suelen enfrentar mayores restricciones en infraestructura tecnológica, financiamiento y capital humano especializado. Por tanto, los resultados reflejan una estructura empresarial fragmentada y de baja capacidad tecnológica, lo que subraya la necesidad de

estrategias diferenciadas de transformación digital según el tamaño y madurez organizacional de las MIPYMES.

Ilustración 3.

Porcentaje de Empresas que Utilizan Operaciones Digitales



Los resultados muestran una amplia adopción de operaciones digitales (86.2%) entre las empresas encuestadas, lo que evidencia un avance considerable en la incorporación de herramientas tecnológicas dentro de la gestión empresarial en la zona occidental. Sin embargo, la intensidad del uso varía según el tamaño de la empresa: mientras los emprendimientos alcanzan solo un 63.6% de adopción, las grandes empresas llegan al 94%, reflejando una brecha tecnológica asociada a los recursos disponibles y al grado de formalización operativa. Este patrón confirma que la transformación digital se encuentra más consolidada en empresas con mayor capacidad organizativa y financiera, mientras que las unidades de menor escala avanzan de manera gradual y dependiente de apoyos externos. En conjunto, estos datos sugieren que la digitalización es una práctica generalizada pero desigual, lo cual demanda políticas y estrategias adaptadas a los distintos niveles de madurez digital empresarial.

Ilustración 4.

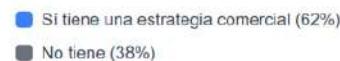
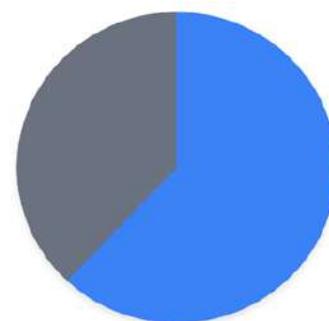
Uso de Operaciones Digitales por Área Funcional



El análisis revela que las operaciones digitales se concentran principalmente en la atención al cliente (22%), seguida por las finanzas (17%) y la logística (15%), mientras que la obtención de información y el marketing digital alcanzan cada una un 14% de participación. Esta distribución indica que las empresas están utilizando la digitalización como un medio para optimizar la interacción con los consumidores y la gestión operativa básica, más que como una herramienta para la toma de decisiones estratégicas o la innovación interna. El predominio de las áreas orientadas al cliente refleja una visión comercial reactiva, enfocada en la visibilidad y la eficiencia transaccional, pero con limitada integración tecnológica en procesos de planificación, análisis de datos o desarrollo de productos. En consecuencia, el uso funcional de las herramientas digitales, aunque positivo, aún no configura una transformación digital integral, sino una adopción parcial centrada en actividades de corto plazo.

Ilustración 5.

Empresas con Estrategias Comerciales y Publicitarias Digitales



El 62% de las empresas encuestadas indicó contar con estrategias comerciales y publicitarias digitales, lo que refleja un avance relevante en la incorporación de herramientas digitales para la promoción y venta. No obstante, el porcentaje restante evidencia que una proporción considerable de MIPYMES aún carece de planificación estructurada en el ámbito digital, limitando su capacidad para posicionarse competitivamente en mercados cada vez más interconectados. La presencia de estrategias digitales en poco más de la mitad del total sugiere que la transformación digital se encuentra en una fase intermedia, donde predomina la adopción de acciones aisladas —como publicaciones en redes sociales o uso de plataformas de mensajería— más que el diseño de estrategias integrales de marketing digital basadas en datos, segmentación y automatización. Este resultado subraya la necesidad de fortalecer la gestión estratégica del marketing digital como un componente esencial de la sostenibilidad y el crecimiento empresarial.

Ilustración 6.

Tipos de Estrategias Comerciales y Publicitarias Digitales Más Utilizadas



Los datos reflejan una predominancia del comercio electrónico (61.7%) y del marketing digital (55.6%) como principales estrategias utilizadas por las empresas para promover sus productos y servicios, seguidas por la participación en marketplaces (30%). En menor medida, se recurre al uso de influenciadores (18.8%) y blogs de contenido (16.5%), lo que sugiere una limitada diversificación en las tácticas de posicionamiento digital. Esta distribución confirma que las MIPYMES concentran sus esfuerzos en estrategias de alcance inmediato y bajo costo, dejando en segundo plano aquellas orientadas al fortalecimiento del branding, la fidelización de clientes o la gestión de comunidades digitales. En consecuencia, se evidencia una orientación comercial pragmática más que

estratégica, centrada en la visibilidad y las ventas directas, pero con escasa inversión en contenidos, analítica y automatización. Este patrón de comportamiento digital resalta la importancia de formar competencias especializadas en marketing digital integral, que permitan a las empresas evolucionar desde el uso operativo de plataformas hacia un posicionamiento competitivo sostenido en entornos digitales.

Ilustración 7.

Factores Clave para la Mejora de la Gestión Interna de las Empresas



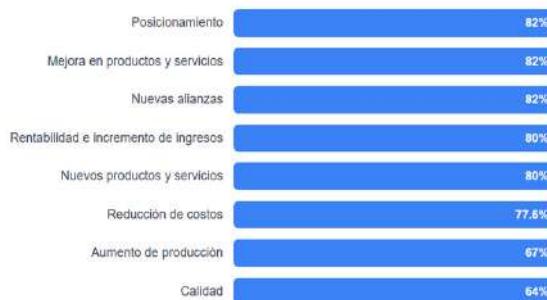
Los resultados evidencian que las principales necesidades empresariales para fortalecer la gestión interna se concentran en tres ámbitos: la capacitación en herramientas digitales (79%), el acceso a apoyos administrativos y financieros digitales (71%) y la promoción de proyectos de innovación y vinculación estratégica (66%). Estos datos reflejan una conciencia creciente sobre la importancia de la transformación digital, aunque limitada por la falta de acompañamiento institucional. De hecho, el 90.7% de las empresas afirmó no haber recibido apoyo de entidades del ecosistema empresarial, lo que revela una brecha estructural entre la oferta y la demanda de programas de fortalecimiento tecnológico.

Entre las pocas empresas beneficiadas, los apoyos provinieron principalmente de la banca privada (30%), BANDESAL (27%) y fondos internacionales (13%), lo que demuestra que el soporte estatal sigue siendo fragmentado y de baja cobertura. Este panorama confirma que la transformación digital de las MIPYMES requiere un enfoque sistémico, que combine formación, financiamiento e innovación articulada, superando el modelo asistencialista tradicional. En conjunto, los hallazgos evidencian la

necesidad de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad digital, con mecanismos de apoyo más accesibles, pertinentes y adaptados al nivel de madurez tecnológica de las empresas.

Ilustración 8.

Impactos Considerados Más Importantes para el Crecimiento Empresarial



Los resultados muestran que las empresas encuestadas identifican como impactos más determinantes para su crecimiento el posicionamiento en el mercado (82%) y la reducción de costos operativos (77.6%), seguidos por la rentabilidad, el incremento de ingresos, la mejora en productos y servicios y la creación de nuevas alianzas. Esta jerarquización revela una orientación pragmática hacia resultados inmediatos, centrada en la eficiencia y la visibilidad comercial más que en la innovación o la diversificación productiva.

El énfasis en el posicionamiento refleja el valor estratégico que las MIPYMES asignan a la presencia digital como medio de legitimidad y expansión, mientras que la reducción de costos se asocia al uso de herramientas digitales para optimizar procesos y recursos. Sin embargo, la menor ponderación de factores como la innovación y las alianzas sugiere que la madurez digital aún es incipiente y que las empresas priorizan beneficios operativos de corto plazo sobre estrategias sostenibles de crecimiento. En conjunto, estos hallazgos confirman que la digitalización ha generado impactos positivos, aunque su potencial transformador aún depende de una mayor articulación tecnológica, formativa y colaborativa dentro del ecosistema empresarial.

Discusión

Los resultados de esta investigación confirman la existencia de una digitalización parcial y funcional en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) de la zona occidental de El Salvador. Aunque el 86.2% de las empresas encuestadas manifestó utilizar operaciones digitales, el análisis revela que dichas prácticas se concentran en áreas instrumentales como la atención al cliente (22%) y las finanzas (17%), mientras que la planeación estratégica digital apenas representa un 2% del total. Este hallazgo sugiere una transición incompleta desde la digitalización operativa hacia la transformación digital estratégica, entendida como la reconfiguración integral de los procesos, estructuras y modelos de negocio (Teece, 2018; Osterwalder & Pigneur, 2010).

La literatura sobre modelos de negocios digitales sostiene que el verdadero valor de la digitalización radica en la capacidad de las organizaciones para integrar la tecnología en su arquitectura de valor, generando innovación continua y sostenibilidad competitiva (Amit & Zott, 2001). En contraste, las MIPYMES estudiadas parecen limitar su adopción tecnológica a funciones inmediatas de venta o comunicación, sin incorporar los datos, la analítica o la automatización en la toma de decisiones. Este fenómeno coincide con el concepto de madurez digital incipiente, caracterizado por el uso fragmentado de tecnologías y la ausencia de un marco estratégico de transformación (García Pérez de Lema, 2022).

La brecha estructural e institucional observada es un elemento crítico. El 90.7% de las empresas reportó no haber recibido ningún tipo de apoyo institucional, lo que revela un desajuste entre la oferta y la demanda de políticas públicas. Esta desconexión reproduce la “paradoja digital” descrita por la CEPAL (2022), en la cual el acceso a la tecnología no garantiza su apropiación productiva. Sin mecanismos efectivos de formación, financiamiento y acompañamiento, las MIPYMES tienden a implementar soluciones de bajo costo sin impacto en productividad ni escalabilidad. Tal situación coincide con los análisis del BID (Basco & Lavena, 2021), que identifican la carencia de ecosistemas digitales inclusivos como la principal limitación para la competitividad regional.

El alto porcentaje de empresas que demandan capacitaciones en herramientas digitales (79%) y apoyos administrativos/financieros (71%) refleja una conciencia

emergente sobre la necesidad de fortalecer las capacidades digitales internas. No obstante, la inexistencia de programas sistemáticos que integren formación, financiamiento e innovación impide avanzar hacia un estadio superior de madurez tecnológica. Desde una perspectiva de gestión, la transformación digital no puede reducirse a la adopción instrumental de tecnologías, sino que requiere una visión estratégica alineada con la creación de valor sostenible, la profesionalización del capital humano y la articulación de redes colaborativas con el Estado, la academia y el sector financiero.

Asimismo, la priorización del posicionamiento (82%) y la reducción de costos (77.6%) como impactos deseados revela una orientación empresarial centrada en la eficiencia y la visibilidad más que en la innovación de procesos y productos. Este enfoque pragmático puede interpretarse como una respuesta racional ante un contexto económico restrictivo, pero también evidencia un vacío en el desarrollo de capacidades dinámicas (Teece, 2018), necesarias para generar ventajas competitivas sostenibles en entornos digitales volátiles y globalizados.

En términos comparativos, los resultados coinciden con estudios iberoamericanos (Apólito et al., 2023; Sarauz & Brucil, 2022) que muestran que las MIPYMES de la región se encuentran en una etapa de digitalización intermedia, donde la incorporación tecnológica se da principalmente en funciones de marketing y ventas, pero no en la analítica de datos, la innovación o la gobernanza digital. Este patrón de desarrollo parcial refuerza la necesidad de políticas diferenciadas por niveles de madurez digital, que combinen incentivos financieros, asistencia técnica y formación especializada, especialmente en áreas rurales y semiurbanas.

Finalmente, los resultados ponen de relieve un reto estructural para la política pública salvadoreña: la urgencia de articular un ecosistema de transformación digital territorial que trascienda la capacitación aislada y promueva la convergencia entre empresas, universidades y organismos gubernamentales. Sin una arquitectura institucional sólida que apoye la innovación tecnológica, las MIPYMES continuarán operando bajo esquemas digitales de baja complejidad. En este sentido, la evidencia empírica obtenida aporta un marco analítico que permite pasar de una visión centrada en la “presencia digital”

hacia una estrategia integral de competitividad basada en conocimiento, datos e innovación colaborativa.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad de Sonsonate.

Referencias

- Apólito, M., Balbo, M., Gamboa Antune, A., Gioseffi, G., & Luna, J. P. (2023). Transformación Digital de MiPyMEs Iberoamericanas- Libro 1. SEGIB.
- Basco, A. I., & Lavena, C. (2021). América Latina en movimiento: competencias y habilidades para la Cuarta Revolución Industrial en el contexto de la pandemia. Banco Interamericano de Desarrollo. Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL). (Nota técnica N° IDB-TN-21769).
- Cerón, N. (2025, enero 1). Cómo empezar un negocio con herramientas digitales este 2025. CONEXION El Salvador. <https://conexion.sv/como-empezar-un-negocio-con-herramientas-digitales-este-2025/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2022a). Estrategia de Transformación Digital. Chile 2035. https://www.ecommerceccs.cl/wp-content/uploads/2022/05/estrategia_de_transformacion_digital_chile_2035_.pdf
- CONAMYPE-MINEC. (2014). Política Nacional de Emprendimiento. San Salvador, El Salvador: CONAMYPE.
- Dini, M., Gligo, N., & Patiño, A. (2021). Transformación digital de las MiPyMEs: elementos para el diseño de políticas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (Documentos de Proyectos LC/TS.2021/99).
- Fernández Franco, S., Graña, J. M., Rikap, C., & Robert, V. (2022). Industria 4.0 como sistema tecnológico: los desafíos de la política pública. Ministerio de Economía de Argentina. (Documentos del Plan Argentina Productiva 2030, No 37).

- García Pérez de Lema, D. (Coord.). (2022). Digitalización y desarrollo sostenible de la MiPyME en Iberoamérica. Informe MiPyME 2022. FAEDPYME.
- Hoe, S. L. (2023). Digital Transformation. Strategy, Execution, and Technology. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Leinwand, P., & Mani, M. M. (2022). Beyond Digital. How Great Leaders Transform Their Organizations and Shape the Future. Harvard Business Review Press.
- Ministerio de Relaciones Exteriores de El Salvador. (2025, junio 2). El Salvador impulsa su industria tecnológica en la Web Summit 2025 de Vancouver, Canadá. <https://rree.gob.sv/el-salvador-impulsa-su-industria-tecnologica-en-la-web-summit-2025-de-vancouver-canada/>
- Observatorio MYPE. (2025, mayo 14). Las MYPES en 2025. Optimismo con reservas tras un arranque lento. <https://observatoriomype.org.sv/boletin-mype/>
- Petrovic, D., Mihic, J., & Tomic, M. (2023). Conceptual Framework for Measuring the Success of Digital Transformation. En J. Mihic et al., Sustainable Business Management and Digital Transformation: Challenges and Opportunities in the Post-COVID Era (p. 331). Springer.
- Redacción Diario La Página. (2025, junio 27). Emprendedores finalizan diplomado en marketing digital con el apoyo de CONAMYPE y FANTEL. Diario La Página. <https://lapagina.com.sv/nacionales/emprendedores-finalizan-diplomado-en-marketing-digital-con-el-apoyo-de-conamype-y-fantel/>
- Sarauz Estévez, L., & Brucil, G. (2022). Informe MIPYME 2022. Digitalización y desarrollo sostenible de la mipyme en Iberoamérica. Observatorio Iberoamericano de la MiPyMEs.
- SEGIB y AGCID Chile. (2020). Políticas de transformación digital para PyMEs en el espacio iberoamericano. Matriz de Indicadores y guía de buenas prácticas.
- South Florida Journal of Development. (2021). Estonia y Singapur: Casos de éxito de la Transformación Digital. South Florida Journal of Development, 2(5), 7758-7777.
- Wade, M., Macaulay, J., & Noronha, A. (2021). Hacking digital transformation leadership. Leading people and organizations. En Hacking Digital, part 5. McGrawHill

Diseño y construcción de un sistema de automatización para la mejora del proceso de germinación en siembra indirecta basado en agricultura vertical

Design and construction of an automation system to improve the germination process in indirect planting based on vertical farming

Rodrigo Alejandro Centeno Flores

Universidad de Sonsonate

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2985-9453>

rodrigo.centeno@usonsonate.edu.sv

Enviado: 15 de febrero de 2025

Aceptado: 28 de julio de 2025



Este contenido está protegido bajo la licencia CC BY
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

Resumen

La agricultura moderna enfrenta el desafío de producir de manera sostenible frente a la escasez de recursos y la variabilidad climática. En este contexto, la agricultura vertical surge como una alternativa innovadora que permite controlar las condiciones ambientales para optimizar el crecimiento vegetal en espacios reducidos. Sin embargo, los procesos iniciales como la germinación siguen dependiendo en gran medida de factores ambientales inestables que afectan la uniformidad y eficiencia de las plántulas. Ante ello, se planteó el desarrollo de un sistema automatizado que optimice dichas variables. La investigación fue de tipo aplicada y experimental, en la cual se realizó una revisión técnica y teórica sobre sistemas automatizados agrícolas, seguida del diseño físico del prototipo y la selección de sensores, actuadores y controladores. El sistema se alimentó con energía solar e integró rutinas automatizadas para mantener temperatura, humedad y luminosidad dentro de rangos óptimos para la germinación. El prototipo construido permitió monitorear y ajustar automáticamente las variables ambientales, obteniendo un ambiente controlado estable. Los resultados confirman que el sistema de agricultura vertical automatizado es una alternativa

viable, sustentable y escalable. Su implementación mejora la eficiencia de la germinación, promueve el uso racional de recursos y contribuye al desarrollo de modelos agrícolas resilientes frente a los desafíos ambientales actuales.

Palabras clave

Agricultura vertical, automatización, germinación, energía solar, siembra indirecta.

Abstract

Modern agriculture faces the challenge of producing sustainably in the face of resource scarcity and climatic variability. In this context, vertical farming emerges as an innovative alternative that allows environmental conditions to be controlled in order to optimize plant growth in limited spaces. However, early processes such as germination still largely depend on unstable environmental factors that affect the uniformity and efficiency of seedlings. In response, an automated system was developed to optimize these variables. The research was applied and experimental in nature,

involving a technical and theoretical review of automated agricultural systems, followed by the physical design of the prototype and the selection of sensors, actuators, and controllers. The system was powered by solar energy and integrated automated routines to maintain temperature, humidity, and light within optimal ranges for germination. The constructed prototype enabled automatic monitoring and adjustment of environmental variables, achieving a stable controlled environment. The results confirm that the automated vertical farming system is a viable, sustainable, and scalable alternative. Its implementation improves germination efficiency, promotes the rational use of resources, and contributes to the development of resilient agricultural models capable of addressing current environmental challenges.

Keywords

Automation, germination, indirect sowing, solar energy, vertical farming.

Introducción

La agricultura ha sido un pilar fundamental en el desarrollo de las sociedades humanas desde sus inicios. Su importancia no solo radica en la producción de alimentos, sino también en su capacidad para impulsar el desarrollo económico, generar empleo y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Según el Grupo Banco Mundial (2024), el desarrollo agrícola es una de las herramientas más efectivas para erradicar la pobreza extrema, fomentar la prosperidad compartida y garantizar la seguridad alimentaria de una población en constante crecimiento. Este enfoque es respaldado por instituciones académicas, como la Universidad de San Pedro Sula (2023), que destaca cinco razones clave para la relevancia de la agricultura: seguridad alimentaria, generación de empleo, desarrollo económico, sostenibilidad ambiental e innovación tecnológica.

En la actualidad, el mundo enfrenta desafíos sin precedentes en términos de demanda de alimentos. El crecimiento demográfico, la urbanización acelerada y los efectos del cambio climático han puesto presión sobre los sistemas agrícolas tradicionales. Para satisfacer esta demanda, en los últimos años se han desarrollado diversas alternativas que buscan mejorar y optimizar las técnicas

de cultivo. Entre estas, la agricultura vertical ha surgido como una solución innovadora y prometedora. Este enfoque permite maximizar el uso del espacio y los recursos, lo que resulta especialmente relevante en áreas urbanas donde el terreno es limitado y costoso. Según Premier Tech Growers and Consumers (2021), la agricultura vertical no solo aborda los desafíos de la seguridad alimentaria, sino que también promueve la sostenibilidad al reducir el uso de agua, fertilizantes y pesticidas.

Una de las técnicas que complementa eficazmente la agricultura vertical es la siembra indirecta. Como lo señala el Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. (2023), este método ofrece múltiples ventajas, como la reducción de la pérdida de semillas debido a condiciones meteorológicas adversas, la erosión del suelo o la acción de insectos y animales. Además, la siembra indirecta permite una mejor planificación del cultivo y la cosecha, así como la selección de plántulas más fuertes, lo que mejora el rendimiento y reduce el consumo de agua y tratamientos. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, la siembra indirecta en sistemas de agricultura vertical enfrenta desafíos significativos, especialmente durante la etapa de germinación.

Matilla (2003) define la germinación como el conjunto de procesos metabólicos y morfogenéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula capaz de valerse por sí misma y transformarse en una planta fotosintéticamente competente. El proceso de germinación inducido por una serie de señales ambientales, como la disponibilidad de agua, la temperatura óptima, el oxígeno y, en algunos casos, la luz. Posterior a la germinación, la planta entra en la fase de crecimiento vegetativo, caracterizada por la elongación de raíces, tallos y la expansión foliar.

La falta de atención específica a la optimización del proceso de germinación en sistemas de agricultura vertical puede tener repercusiones económicas y medioambientales significativas. Los recursos utilizados en la siembra, como semillas, agua, sustrato y energía, podrían no ser aprovechados de manera eficiente, lo que resulta en pérdidas económicas y un impacto ambiental negativo. Por ejemplo, el uso excesivo de agua o energía para mantener condiciones subóptimas durante la germinación no solo aumenta los costos operativos, sino que también contribuye al desperdicio de recursos valiosos. En un contexto global donde la sostenibilidad es una prioridad, es fundamental desarrollar soluciones que permitan un uso más eficiente de estos recursos.

El problema central de esta investigación radica en la necesidad de desarrollar e implementar un sistema de automatización y monitoreo que aborde de manera integral y precisa las condiciones ambientales durante la germinación de semillas en un modelo de siembra indirecta. Este sistema debe ser capaz de adaptarse a las variabilidades inherentes al entorno, garantizando una germinación uniforme, eficiente y de alta calidad, al tiempo que minimiza la intervención humana y maximiza la utilización de recursos. La implementación de un sistema de este tipo no solo optimizará la eficiencia y productividad del sistema, sino que también reducirá la dependencia de la intervención manual, minimizando errores y aumentando la uniformidad del cultivo.

La resolución de este problema no solo contribuirá al avance tecnológico en la agricultura, sino que también fortalecerá la sostenibilidad y la viabilidad económica de la siembra indirecta. Un sistema de automatización y monitoreo eficiente permitirá a los agricultores maximizar el rendimiento de sus cultivos, reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental. Además, este tipo de tecnología puede ser especialmente beneficiosa en regiones con recursos limitados, donde la agricultura vertical y la siembra indirecta pueden desempeñar un papel crucial en la seguridad alimentaria y el desarrollo económico.

En este contexto, la investigación propone el diseño y construcción de un sistema de automatización que integre tecnologías avanzadas, como sensores ambientales, sistemas de riego automatizados, energía solar y protocolos de comunicación entre dispositivos e internet. Este sistema no solo monitoreará y controlará las condiciones ambientales durante la germinación, sino que también permitirá la recopilación y análisis de datos en tiempo real, lo que facilitará la toma de decisiones informadas y la optimización continua del proceso. Además, el uso de energía solar como fuente de energía renovable contribuirá a la sostenibilidad del sistema, reduciendo su huella de carbono y alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 (Naciones Unidas, 2015).

Metodología

La metodología utilizada en este proyecto es de tipo aplicada, la Organisation for Economic Co-operation and Development (2015) define esta metodología como el

desarrollo de ideas y su conversión en algo funcional en un intento de solucionar problemas específicos. La investigación se basa en desarrollar una solución práctica mediante el diseño y construcción de un sistema automatizado para optimizar el proceso de germinación en un entorno de agricultura vertical tomando como validación el control de variables.

Para maximizar la productividad y sostenibilidad de los sistemas agrícolas, es esencial comprender en profundidad los procesos biológicos que subyacen al crecimiento y desarrollo de las plantas. El ciclo de vida de las plantas no solo explica cómo las plantas crecen y se reproducen, sino que también proporciona conocimientos valiosos sobre cómo optimizar las prácticas agrícolas como la germinación, la siembra y el manejo de cultivos para mejorar los rendimientos y la eficiencia en el uso de recursos.

La germinación es una fase crítica en el ciclo de vida de las plantas, ya que determina el éxito del cultivo. Este proceso está influenciado por una serie de factores ambientales que menciona Lira Saldívar (2007) como la temperatura, la humedad, la iluminación y la calidad del sustrato. En un entorno controlado, como el de la agricultura vertical, es esencial mantener estos factores dentro de rangos óptimos para garantizar una germinación uniforme y eficiente. Sin embargo, la variabilidad en las condiciones ambientales, incluso en sistemas aparentemente controlados, puede ser considerable y está sujeta a fluctuaciones imprevistas. Estas variaciones pueden resultar en tasas de germinación desiguales, retrasos en el crecimiento y, en última instancia, afectar la calidad y el rendimiento del cultivo.

Evaluación de componentes

Estructura mecánica

El diseño de estructuras para la agricultura vertical tiene como objetivo maximizar el uso del espacio en ambientes controlados, permitiendo el cultivo de diversas plantas en áreas limitadas. La estructura mostrada es un ejemplo de cómo se puede optimizar el espacio verticalmente para cultivar plantas en niveles sucesivos, asegurando un crecimiento uniforme y eficiente.

La estructura consiste en un conjunto de estantes dispuestos en varios niveles, hechos de un marco de pvc que proporciona soporte y estabilidad. Cada nivel está

formado por una plataforma con un diseño de malla, lo cual permite la circulación adecuada de aire y el drenaje eficiente del agua, reduciendo el riesgo de acumulación de humedad y, por tanto, la proliferación de enfermedades fúngicas.

Sensores de monitoreo

Para garantizar un crecimiento óptimo de las plantas en la estructura de agricultura vertical, es esencial implementar un sistema de monitoreo que controle las condiciones ambientales y del suelo en tiempo real. Los sensores de temperatura, humedad ambiental y humedad del suelo proporcionan datos cruciales para ajustar las condiciones del entorno de cultivo y asegurar un riego eficiente y preciso. A continuación, se detallan los sensores que se utilizarán en este sistema:

Sensor de Temperatura y Humedad Ambiental DHT22

El DHT22 es un sensor de alta precisión diseñado para medir tanto la temperatura como la humedad del ambiente. (Adafruit Industries, 2024) especifica en la ficha técnica las características del dispositivo:

- Alta Precisión y Rango de Medición: El DHT22 puede medir temperaturas en un rango de -40 a 80°C con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa en un rango de 0 a 100% con una precisión de $\pm 2\text{--}5\%$. Esto permite un monitoreo preciso del microclima en cada nivel de la estructura vertical.
- Bajo Consumo de Energía: Este sensor consume poca energía, lo que lo hace adecuado para sistemas de monitoreo continuo en instalaciones que pueden depender de fuentes de energía limitadas o renovables.
- Fácil Integración y Configuración: El DHT22 es fácil de integrar en sistemas de control automatizados mediante microcontroladores como Arduino o ESP32. Su conexión se realiza a través de un solo pin de datos, lo que simplifica el cableado y la instalación.

Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo v1.2

El sensor de humedad de suelo capacitivo (DFROBOT, 2015) es un dispositivo crucial para medir el contenido de agua en el sustrato donde crecen las plantas. En la agricultura vertical, este sensor ayuda a determinar cuándo y cuánta agua se necesita en cada nivel de la

estructura. Las características clave de este sensor incluyen:

- Monitoreo preciso de la humedad del suelo: Este sensor proporciona mediciones precisas del nivel de humedad del suelo, lo que permite ajustar el riego para evitar tanto el exceso como la falta de agua, condiciones que pueden ser perjudiciales para las plantas.
- Compatibilidad con sistemas automatizados: Al igual que el DHT22, los sensores de humedad de suelo son compatibles con microcontroladores y sistemas de automatización. Los datos recogidos por estos sensores se utilizan para activar o desactivar el sistema de riego por nebulización según la humedad del suelo, optimizando así el uso del agua y asegurando que las plantas reciban el riego adecuado.
- Durabilidad y resistencia: Estos sensores están diseñados para ser resistentes a la corrosión y al desgaste por la exposición continua al agua y al suelo. Esto es especialmente importante en sistemas de agricultura vertical donde los sensores están constantemente en contacto con el sustrato.

Sistema de riego

El sistema de riego que se utilizará en el proyecto es por nebulización, esta es una técnica utilizada en la agricultura para proporcionar agua y nutrientes de manera eficiente a las plantas. Este sistema permite una distribución uniforme del agua en todos los niveles de la estructura, optimizando el crecimiento de las plantas y minimizando el desperdicio de recursos. El sistema de nebulización se implementará en cada nivel o piso de la estructura.

El proyecto utilizará directamente el agua proporcionada del sistema de tuberías de agua, el cual tendrá un control mediante electroválvulas que manejadas por un sistema automatizado que regula el tiempo y la duración de la nebulización. Los sensores de humedad y temperatura en la estructura proporcionan datos en tiempo real que permiten ajustar los ciclos de riego según las necesidades específicas de las plantas y las condiciones ambientales.

Unidad de control

La elección de dispositivos adecuados es fundamental para asegurar un control preciso y confiable en este proyecto. El Heltec WiFi LoRa 32 (V3) es un sistema en

chip que combina un microcontrolador ESP32 con capacidades de comunicación LoRa, WiFi y Bluetooth. Esta integración permite gestionar tanto la comunicación local como remota, lo cual resulta esencial en un sistema de monitoreo de captación de CO₂, incluso desde ubicaciones remotas.

Las características clave del Heltec WiFi LoRa 32 (V3) como muestra su hoja de datos (Heltec Automation, 2022) son que el microcontrolador proporciona un potente núcleo de procesamiento con capacidades de doble núcleo y soporte para múltiples tareas. El módulo LoRa facilita la comunicación de largo alcance, ideal para la transmisión de datos entre sensores y la unidad central en un entorno de cultivo extensivo. La conectividad WiFi permite la integración con redes y plataformas en la nube para el monitoreo y control remoto del sistema.

Sistema de alimentación

Para garantizar una operación autónoma y sostenible del sistema de automatización de germinación, la solución de alimentación se basa en un panel solar. Este enfoque no solo proporciona una fuente de energía renovable y ecológica, sino que también asegura la independencia de la red eléctrica, lo que es ideal para entornos de cultivo remotos o en áreas con acceso limitado a la electricidad. El sistema de alimentación consta de un panel solar, una batería de almacenamiento y un circuito de gestión de energía que permite la carga de la batería y el suministro directo a los componentes del sistema.

El panel solar es el componente principal que captura la energía del sol y la convierte en electricidad. Este panel está dimensionado para proporcionar suficiente energía para el funcionamiento continuo del sistema, incluyendo el Heltec WiFi LoRa 32 (V3), los sensores de temperatura y humedad, las electroválvulas, y otros componentes eléctricos.

La batería de almacenamiento es fundamental para almacenar la energía capturada por el panel solar y proporcionar energía durante los períodos en que la luz solar no está disponible, como durante la noche o en días nublados. Esta batería se carga continuamente mientras el panel solar recibe luz solar. La capacidad de la batería está diseñada para asegurar que el sistema tenga suficiente energía almacenada para funcionar durante todo el ciclo de operación, incluso en condiciones de baja radiación solar.

El circuito de gestión de energía regula la carga de la batería y el suministro de energía a los componentes del sistema. Incluye un controlador de carga que protege la batería contra sobrecargas y descargas excesivas, asegurando una vida útil prolongada. Además, el circuito de gestión asegura que la energía del panel solar se distribuya adecuadamente tanto para la carga de la batería como para el suministro directo a los componentes del sistema.

Resultados

Los materiales seleccionados para la estructura son tubos de pvc y malla metálica. El uso de pvc proporciona una gran resistencia y durabilidad, necesaria para soportar el peso de los semilleros y resistir condiciones de humedad constante. La elección de malla metálica para las plataformas permite que la estructura sea ligera, facilitando su montaje y mantenimiento.

Figura 1.

Prototipo simulado de la estructura mecánica

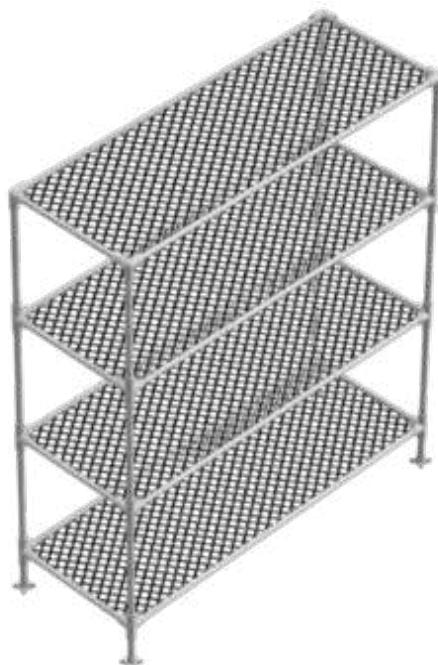


Diagrama de conexión del sistema

El resultado del sistema con los componentes utilizados en el sistema se muestra en las Figuras 2 y 3.

Figura 2.

Diagrama pictográfico del sistema

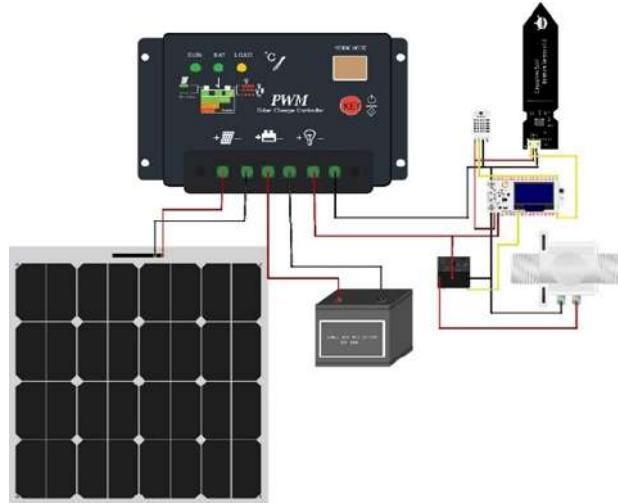
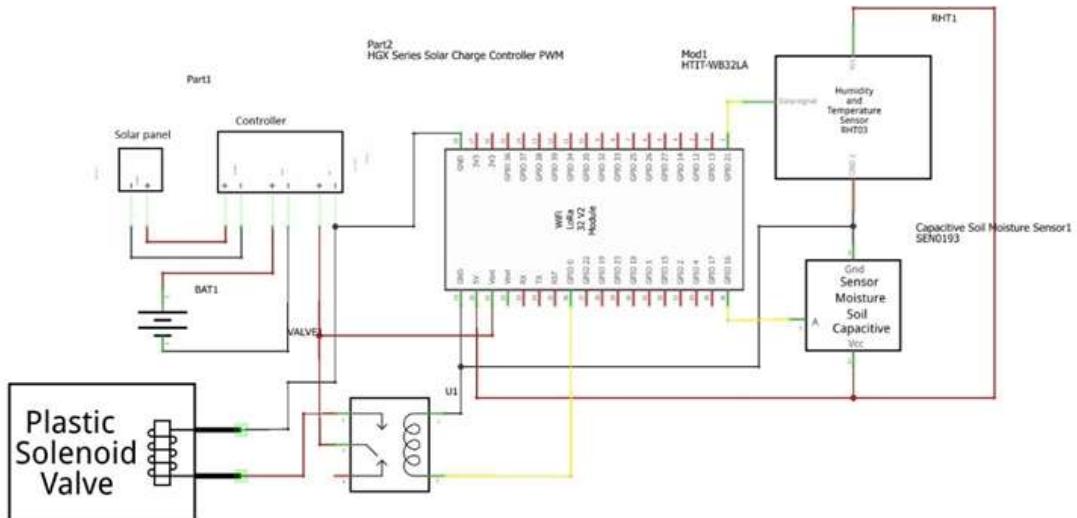


Figura 3.

Diagrama esquemático del sistema



Programación del sistema

El sistema está dividido en dos partes, un dispositivo transmisor y un receptor, esto para garantizar que el proyecto pueda ser utilizado en cualquier lugar, aunque no se tenga un punto de acceso a internet cerca. Se configura un dispositivo que se designa como transmisor para realizar la manipulación del sistema, el cual es el encargado de realizar todas las tareas de recolección de datos por sensores y actuadores en el lugar de la germinación. El otro dispositivo debe tener un acceso a internet, ya que solo se encarga de recibir los datos del dispositivo principal y realizar su almacenamiento en la nube.

El proceso también se podría realizar solo con un dispositivo, pero para garantizar el envío de datos a la nube desde cualquier lugar de implementación, se estableció el protocolo de comunicación LoRa para realizar el envío de datos entre dispositivos.

Dispositivo transmisor

Para la programación del dispositivo transmisor se definieron las clases, pines, variables, constantes y funciones para envío de mensajes entre dispositivos y obtener los datos de los sensores de temperatura, humedad relativa y humedad de la tierra.

La función `setup` del dispositivo inicializa el puerto serial, protocolo de comunicación I2C, modulo LoRa, módulo DHT22 y los pines de los actuadores de electroválvulas.

La función `loop` está diseñada para la obtención de los valores de los sensores por medio de funciones y la transmisión de datos al dispositivo receptor mediante una cadena que concatena todos los datos y hace la referenciar al indicador único del dispositivo transmisor establecido en la declaración de constantes globales. Para realizar una correcta transmisión de datos se realiza el envío de un ACK que es un mensaje que el destino de la comunicación envía al origen para confirmar que el envío de datos se realizó de manera satisfactoria sin pérdida de datos.

El código para obtener la humedad de la tierra mediante el sensor capacitivo de humedad del suelo realiza una lectura del pin analógico y un mapeo del valor para dar un resultado adecuado a la lectura adaptado al suelo.

La función para obtener la humedad del ambiente mediante el sensor DHT22 utiliza la función de la clase DHT el cual devuelve el valor de humedad, para la escalabilidad se creó esta función para poder hacer múltiples lecturas si se tiene más de un sensor conectado y una condicional para descartar valores inexistentes.

La función para obtener la temperatura del ambiente mediante el sensor DHT22 utiliza la función de la clase DHT el cual devuelve el valor de temperatura, para la escalabilidad se creó esta función para poder hacer múltiples lecturas si se tiene más de un sensor conectado y una condicional para descartar valores inexistentes.

La función de envío de datos se realiza con un contador de intentos para garantizar un envío exitoso si resulta algún imprevisto en la comunicación. El mensaje se envía utilizando la función `transmit()` de la clase Radiolib aplicada al objeto `lora`, cuando se envía el dispositivo llama la función `esperarACK` que devuelve una respuesta verdadera si se realizó un envío correcto o falso si surgió un problema.

La función `esperarACK` convierte momentáneamente al transmisor en receptor para confirmar que el mensaje con los datos de las variables capturadas se envió correctamente. Este proceso se realiza mediante la función `strarReceive()` de la clase Radiolib aplicada al objeto `lora` para cambiar su estado a receptor y mediante la función `readData` almacena lo recibido en una variable.

Dispositivo receptor

Para la programación del dispositivo receptor se estableció la lógica de recepción de datos del dispositivo transmisor, el envío del ACK para garantizar la calidad de los datos y el envío de datos a la nube Arduino Cloud para su almacenamiento.

En la declaración de clases, pines, variables y constantes globales también se incluye el archivo de cabecera para la configuración del servicio de Arduino Cloud con el dispositivo.

La función `setup` del dispositivo receptor es muy similar al transmisor, siempre se inicializa el puerto serial, protocolo de comunicación I2C, modulo LoRa y se implementa la comunicación con Arduino Cloud.

La función `loop` del dispositivo receptor contiene las funciones para recibir los datos del dispositivo transmisor, cuando este recibe un mensaje pasa a ser evaluado con la función `procesarDatos()`, si el mensaje es correcto envía la señal ACK de confirmación al dispositivo transmisor y procede a cargar las variables a la nube.

La función `procesarDatos()` verifica la integridad del mensaje recibido, esto mediante un proceso de separación de los datos individuales de la cadena para su almacenamiento en variables.

La construcción de la estructura aprovecha de las ventajas del pvc de 1 pulgada para tener un sistema resistente, duradero y accesible. La estructura fue diseñada con la idea de ser escalable, por lo que puede apilarse y ampliarse a las necesidades del usuario.

Para formar la estructura se necesitan uniones de injerto doble a escuadra e incluso una unión de 5 entrantes, pero los precios de estas son muy altos y la accesibilidad muy limitada, para resolver el problema se decide modificar las uniones tipo tees y cruz añadiendo un tapón para generar la conexión extra necesaria para la estructura como se muestra en la Fig. 4.

Figura 4.

Modificación de unión tipo tees



Las medidas de cada sección son de un área de 70x90 cm, estas medidas se establecieron por la flexión del pvc, ya que a mayor longitud su deformación es más fácil. Cada sección utiliza tela de gallinero como base donde irán los semilleros, se utiliza esta tela para obtener un buen drenaje del agua como se muestra en la Figura 5.

Figura 5.

Sección de trabajo de la estructura



La altura entre secciones puede variar según las necesidades de los usuarios, para el caso de este proyecto se establece en 60 cm, esto debido al sistema de nebulización que cubra el área necesaria, con esta distancia se garantiza un riego uniforme en todos los semilleros.

La incorporación del sistema de riego se hizo en los techos de cada nivel, utilizando los orificios de la tela de gallinero se logra sostenerlo de manera adecuada. El sensor de temperatura y humedad DHT22 se ubica en el lateral de un tubo para garantizar la captación de temperatura ambiente como se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Ubicación de sensor DHT22 en la estructura

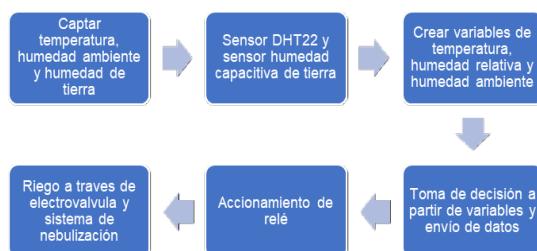


El manejo de la humedad de la tierra se hace de manera individual por nivel para obtener un promedio del total, estos valores son los que proporcionan los datos necesarios para la activación del sistema de nebulización.

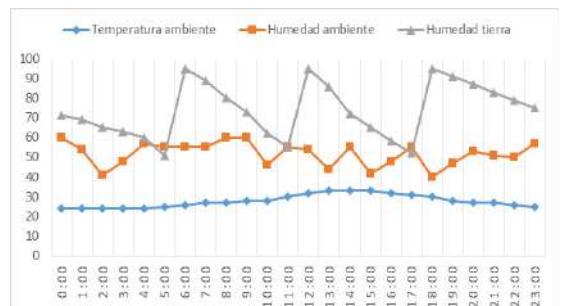
El sistema final para la mejora del proceso de germinación se compone de una unidad central de control basada en el Heltec WiFi LoRa 32 (V3), sensores distribuidos por la estructura como el DHT22 para temperatura y humedad ambiente, así como el sensor capacitivo de humedad de suelo, un módulo de comunicación LoRa para la transmisión de datos, y un sistema de riego automatizado mediante electroválvulas. La Figura 7 muestra la estructura final del sistema.

Figura 7.*Montaje final de la estructura*

La Figura 8 muestra el proceso de trabajo del sistema, este comienza con la necesidad de captar la temperatura, humedad ambiente y humedad de la tierra. La captación de estos factores ambientales se realiza mediante los sensores DHT22 y el sensor capacitivo de tierra, los sensores transforman una señal eléctrica a la magnitud deseada. Al conocer los valores se almacenan en variables para el proceso de toma de decisión y envío de datos, dependiendo de los valores se deberá accionar el relé que controla la electroválvula y deje fluir el agua a través del sistema de riego por nebulización.

Figura 8.*Diagrama de proceso del dispositivo transmisor*

Las pruebas del sistema se registraron en la plataforma de Arduino Cloud para analizar los resultados de las variables medidas. En la Figura 9 se observan los datos de temperatura ambiental, humedad ambiental y humedad de tierra a lo largo de un día.

Figura 9.*Datos de temperatura, humedad ambiente y humedad de tierra en un tiempo de 24 horas*

La línea gris de la Figura 17 muestra los resultados del sistema, cuando la humedad de la tierra cae del 45%, el sistema detecta que se ha llegado al umbral mínimo de humedad por lo que activa la señal del relé para accionar la electroválvula y comience el riego. La acción del sistema hace que la siguiente lectura muestre un cambio abrupto por el riego y desactivando el relé al llegar al umbral del 95%.

Discusión

El diseño y construcción de un sistema de automatización para mejorar el proceso de germinación en siembra indirecta basado en agricultura vertical representa una solución innovadora y necesaria para los desafíos actuales de la agricultura moderna. A lo largo de esta investigación, se ha evidenciado que la germinación es una etapa crítica en el ciclo de vida de las plantas, y su éxito depende en gran medida de la gestión precisa de factores ambientales como la temperatura, la humedad y la iluminación. La implementación de un sistema automatizado no solo optimiza estos parámetros, sino que también reduce la dependencia de la intervención humana, minimizando errores y maximizando la eficiencia en el uso de recursos.

La agricultura vertical, combinada con técnicas de siembra indirecta, ha demostrado ser una estrategia efectiva para maximizar la producción de alimentos en espacios reducidos, especialmente en entornos urbanos. Sin embargo, los desafíos asociados a la variabilidad ambiental durante la germinación han limitado su potencial. Este proyecto aborda dichos desafíos al proponer un sistema integrado que utiliza tecnologías avanzadas, como sensores ambientales, sistemas de

riego automatizados, energía solar y protocolos de comunicación. Estas herramientas permiten un monitoreo y control preciso de las condiciones de germinación, asegurando una mayor uniformidad y calidad en los cultivos.

Uno de los aportes más significativos de este sistema es su capacidad para adaptarse a las fluctuaciones ambientales, garantizando un entorno estable y óptimo para la germinación. Esto no solo mejora las tasas de éxito en esta etapa, sino que también contribuye a reducir el desperdicio de recursos como agua, energía y semillas. Además, al utilizar energía solar como fuente principal, el sistema se alinea con los principios de sostenibilidad, reduciendo su impacto ambiental y promoviendo prácticas agrícolas más responsables.

La implementación de este sistema tiene implicaciones positivas tanto a nivel económico como social. Por un lado, al aumentar la eficiencia y productividad de los cultivos, se reducen los costos operativos y se mejora la rentabilidad para los agricultores. Por otro lado, al contribuir a la seguridad alimentaria, especialmente en áreas urbanas y regiones con recursos limitados, este proyecto tiene el potencial de impactar positivamente en la calidad de vida de las comunidades. Además, al ser un sistema accesible y escalable, puede ser adaptado a diferentes contextos y escalas, lo que amplía su alcance y aplicabilidad.

En el contexto global, este proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, particularmente con aquellos relacionados con la seguridad alimentaria, la agricultura sostenible y la innovación tecnológica. Al promover prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. Este sistema no solo contribuye a resolver problemas actuales, sino que también sienta las bases para un futuro más resiliente y equitativo.

En conclusión, el sistema de automatización propuesto en esta investigación representa un avance significativo en la agricultura vertical y la siembra indirecta. Su capacidad para optimizar el proceso de germinación, reducir el desperdicio de recursos y minimizar la intervención humana lo convierte en una herramienta valiosa para enfrentar los desafíos de la producción de alimentos actuales. Este proyecto no solo tiene el potencial de transformar la forma en que se practica la agricultura, sino también de contribuir a un futuro más sostenible y seguro para las generaciones venideras.

Referencias

- Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. (19 de Octubre de 2023). Qué son la siembra directa y la indirecta: diferencias, pros y contras. Obtenido de Banco Bilbao Vizcaya Argentaria: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-la-siembra-directa-y-la-indirecta-diferencias-pros-y-contras/>
- Adafruit Industries. (8 de Marzo de 2024). Digital Digital relative relative relative humidity humidity humidity & temperature emperature emperature emperature sensor AM2302/DHT22. Obtenido de Digital Digital relative relative relative humidity humidity humidity & temperature emperature emperature emperature sensor AM2302/DHT22: <https://www.mouser.com/datasheet/2/737/dht-932870.pdf>
- Berger. (15 de Marzo de 2018). Agricultura vertical: Una gran opción para la agricultura del futuro. Obtenido de <https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/agricultura-vertical-una-gran-opcion-para-la-agricultura-del-futuro/>
- De La Cuadra, C. (03 de 1992). Germinación, latencia y dormición de las semillas. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf
- Denisen, E. L. (1991). Fundamentos de horticultura. México: Noriega Limusa.
- DFROBOT . (2015). Capacitive Soil Moisture Sensor SKU:SEN0193. Obtenido de Capacitive Soil Moisture Sensor SKU:SEN0193: <https://www.datocms-assets.com/28969/1662716326-hw-101-hw-moisture-sensor-v1-0.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (1996). ECOLOGIA Y ENSEÑANZA RURAL: Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Obtenido de Food and Agriculture Organization: <https://www.fao.org/4/w1309s/w1309s07.htm#:~:text=La%20plantas%20nos%20proporcionan%20alimentos,a%20la%20estabilidad%20del%20clima.>

- Fundación Alternativas. (Diciembre de 2015). Técnicas de siembra. Obtenido de https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2018/05/siembra_web-1.pdf
- Grupo Banco Mundial. (15 de Marzo de 2024). Agricultura y alimentos. Obtenido de Grupo Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>
- Heltec Automation. (Septiembre de 2022). LoRa Node Development Kit. Obtenido de LoRa Node Development Kit: [https://resource.heltec.cn/download/WiFi_LoRa_32_V3/HTIT-WB32LA_V3\(Rev1.1\).pdf](https://resource.heltec.cn/download/WiFi_LoRa_32_V3/HTIT-WB32LA_V3(Rev1.1).pdf)
- Hydroponic Systems. (s.f.). Cultivos sin suelo: una solución sostenible para ahorrar agua de riego. Obtenido de <https://hydroponicsystems.eu/es/cultivos-sin-suelo-ahorrar-agua-sequia/>
- Leyva, L. (23 de Noviembre de 2018). Semilleros: El inicio de un gran huerto. Revista Landuum. Obtenido de <https://www.landuum.com/laboratorio/semilleros-el-inicio-de-un-gran-huerto/>
- Lira Saldivar, R. H. (2007). Fisiología vegetal (Segunda ed.). México: Trillas.
- Matilla Carro, A. J. (2003). La ecofisiología vegetal : una ciencia de síntesis. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Naciones Unidas. (25 de Septiembre de 2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). Manual de Frascati 2015. Obtenido de Manual de Frascati 2015: https://www.oecd.org/es/publications/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es.html
- Premier Tech Growers and Consumers. (1 de Marzo de 2021). ¿Qué debes de saber acerca de la agricultura vertical? Obtenido de Premier Tech Growers and Consumers: <https://www.pthorticulture.com/es-us/centro-de-formacion/que-debes-de-saber-acerca-de-la-agricultura-vertical>
- Reyes Castañeda, P., Reyes Méndez, C. A., & Reyes Méndez, F. E. (2002). Introducción a la agronomía. México: Trillas.
- Silos del Cinca S.A. (11 de 11 de 2020). Silos del Cinca. Obtenido de SIEMBRA DIRECTA O SIEMBRA CONVENCIONAL: <https://www.silosdelcinca.com/fertilizantes-agricolas/siembra-directa-convencional/>
- Universidad de San Pedro Sula. (7 de Diciembre de 2023). La importancia de la agricultura: razones para valorar este sector. Obtenido de Universidad de San Pedro Sula: <https://www.usap.edu/blog/importancia-de-la-agricultura/>

Únase a la Conversación del Conocimiento

La Revista Integración es un puente entre la investigación rigurosa y los desafíos de nuestra sociedad. Creemos que el saber debe ser compartido, discutido y aplicado.



Escanee para acceder al sitio oficial de la Revista Integración y a números anteriores.

¿Desea Publicar con Nosotros?

Recibimos contribuciones que, con rigor científico, buscan generar un impacto positivo. Conozca nuestras bases y envíe su propuesta a través de nuestro sitio web.

Universidad de Sonsonate, Revista Integración, Edición XIII, Núm. 13, Enero-Octubre de 2025

