

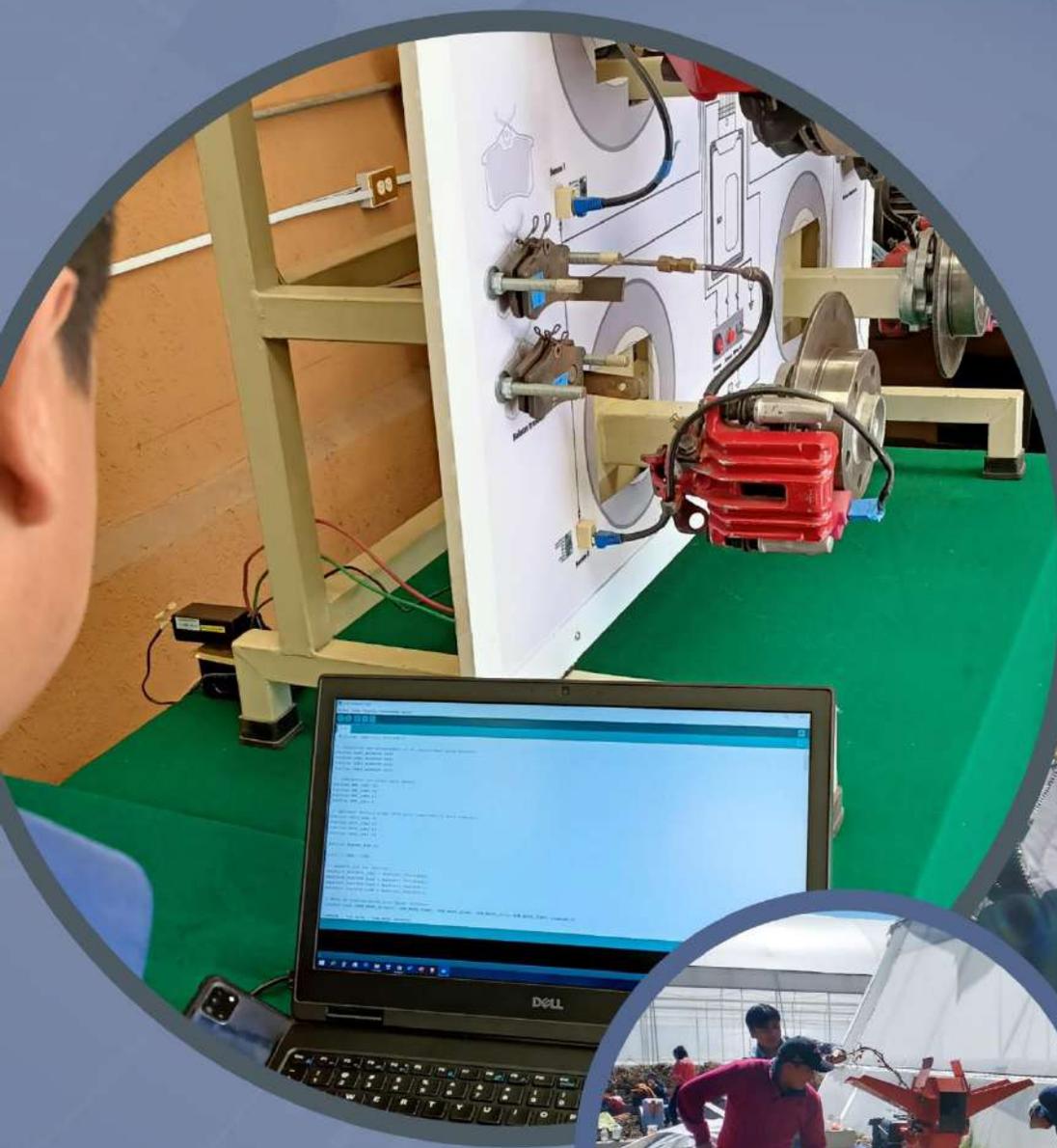


AVANCE TECNOLÓGICO

Cultura, conocimiento y divulgación

31

EDICIÓN SEMESTRAL ENERO-JUNIO 2023
ISSN:2594-1089





Año 16, No. 31, enero – junio 2023, México, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Libres, ISSN: 2594-1089

INFORMACIÓN LEGAL

Avance Tecnológico, año 16, No. 31, enero – junio 2023. Es una publicación semestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de Libres, Camino Real S/N, Barrio de Tétela, Libres, Puebla, C.P. 73780, Tel. (276) 4730828.

www.libres.tecnm.mx

avancetecnologico@libres.tecnm.mx

Reserva de Derechos al uso exclusivo: 04-2017-081513312100-203, y con ISSN 2594-1089 aprobado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Los artículos presentados expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista del Instituto Tecnológico Superior de Libres.

Se prohíbe estrictamente la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del Instituto Tecnológico Superior de Libres.

DIRECTORIO

C. María Isabel Merlo Talavera
Secretaría de Educación Pública

Mtra. Ida Gabriela Hernández García
Subsecretaría de Educación Superior

Mtro. Omar Chávez Cano
Dirección General

Ing. Marco Antonio Palomino Sánchez
Dirección Académica

C.P. Fabián Rodríguez Cantero
Dirección de Planeación y Vinculación

Ing. José Enrique Vélez Ortega
Presidente del Consejo

Dr. Daniel Alejandro García López
Dr. Misael Mundo Coxca
Dra. Dulce María Martínez Ángeles
Dra. Mariana Lobato Báez
Mtra. Sagrario Alejandre Apolinar
MSC. Elmar Montiel Jiménez
M.C. Martha Irene Bello Ramírez
Mtro. Román Pérez Saldaña
Mtro. Ángel David Flores Torres
Mtro. Guillermo Córdova Morales
Mtro. Rodrigo González Ramírez
Consejeros de Contenido y Redacción

Lic. Iván Guerrero Flores
Lic. Julieta Román Juárez
Edición y Diseño de Publicación

Lic. Juan Antonio González Fuentes
Consejero de Vinculación

ÍNDICE

- 4** **Editorial**
- 7** **Comparación de tres técnicas de compostaje para el manejo de residuos orgánicos.**
- 13** **Creación de una interfaz HMI para la implementación del método de mínimos cuadrados para la corrección del error de sensores TOF.**
- 23** **Análisis de los procesos de capacitación y desarrollo de medianas y grandes empresas de la Región de Libres: Estrategias implementadas ante contingencias.**
- 32** **Ensayos de producción de Huitlacoche (*Ustilago maydis*) en maíces criollos, de la región de Libres, Puebla.**
- 38** **Análisis de la educación inclusiva y diversa, una deuda histórica, percepción docente del ITSLibres.**

EDITORIAL

La Revista Avance Tecnológico presenta en su edición semestral enero - junio 2023, 5 artículos científicos tecnológicos generados por miembros de la comunidad académica del Instituto Tecnológico Superior de Libres y el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

En la presente edición se describen diversas investigaciones, que incluyen los temas siguientes:

Comparación de tres técnicas de compostaje para el manejo de residuos orgánicos.

El artículo analiza diferentes métodos de compostaje para transformar residuos orgánicos, con el objetivo de identificar el proceso más eficiente. Se compararon tres técnicas: pila de composta por aireación pasiva, pila de composta convencional y compostaje natural. Se monitoreó la evolución del proceso y se evaluó la germinación en semillas de alfalfa como indicador de la calidad del compost obtenido.

Se destaca que el compostaje es una técnica adecuada para mitigar problemas ambientales, como la acumulación de residuos orgánicos y la degradación del suelo. Se mencionan los distintos materiales que pueden emplearse en el compostaje, como residuos de alimentos, podas de jardinería, estiércol animal, entre otros.

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Libres, donde se compararon las tres técnicas de compostaje mencionadas. Se detallan los procedimientos para la elaboración de las pilas de composta y se describe el seguimiento del proceso, incluyendo el monitoreo de temperatura y pH.

Los resultados mostraron que la pila de composta convencional (T2) demostró las mejores características de compostaje, seguida por la pila de composta por aireación pasiva (T1). Por otro lado, el compostaje natural (T3) mostró resultados menos favorables y que puede tardar más de un año para que la materia orgánica se humedezca.

Creación de una interfaz HMI para la implementación del método de mínimos cuadrados para la corrección del error de sensores TOF.

El artículo presenta el desarrollo de una interfaz gráfica para medir el desgaste de balatas automotrices utilizando sensores ópticos TOF VL6180X y el método de mínimos cuadrados. El objetivo principal es mejorar la precisión y exactitud de las mediciones en comparación con medidas estándar preestablecidas.

Se inicia con una introducción sobre el método de mínimos cuadrados y su aplicación en diversas áreas, incluyendo el sector automotriz. Se menciona la importancia del sistema de frenos en la seguridad vehicular y cómo se ha innovado en la medición del desgaste de balatas mediante sensores electrónicos.

La metodología de pruebas incluye la implementación de programación en lenguaje C en microcontroladores Arduino, así como la recopilación de datos mediante pruebas de medición con sensores TOF VL6180X. Se describen las etapas de las pruebas, la implementación del método de mínimos cuadrados para corregir errores en las mediciones y la mejora en la precisión y exactitud a lo largo de las diferentes fases del estudio.

Se detalla la obtención de parámetros para la ecuación de mínimos cuadrados y se muestran los resultados obtenidos en términos de precisión y exactitud de las mediciones corregidas. Se evidencia una reducción significativa en el error de las mediciones, lo que demuestra la eficacia del método propuesto.

Finalmente, se presenta el diseño electrónico del prototipo desarrollado, que incluye circuitos para los sensores y una pantalla LCD como interfaz de usuario. Se muestran los resultados obtenidos en la pantalla, que proporciona información sobre el desgaste de las balatas y su vida útil restante.

Análisis de los procesos de capacitación y desarrollo de medianas y grandes empresas de la Región de Libres: Estrategias implementadas ante contingencias.

El artículo presenta un análisis exhaustivo sobre las estrategias de capacitación y desarrollo implementadas por empresas medianas y grandes en la Región de Libres, Puebla, en respuesta a la contingencia sanitaria causada por la pandemia de COVID-19. Se destaca la importancia de adaptarse a las demandas del entorno, especialmente en el ámbito empresarial,

donde la capacitación y desarrollo del capital humano se vuelven fundamentales.

La metodología utilizada incluyó revisión documental, encuestas electrónicas y entrevistas presenciales, con un enfoque mixto cuantitativo y cualitativo. Se observa que el 100% de las empresas continuaron con sus programas de capacitación y desarrollo, adaptándose al nuevo contexto mediante diversas estrategias, como la capacitación en línea, tanto interna como externa, y la capacitación presencial con medidas de seguridad.

Se identificó que las áreas más impactadas por estas estrategias fueron el desarrollo y productividad del personal, la implementación de medidas de seguridad y salud ocupacional, la calidad en el servicio, el liderazgo y la motivación, contribuyendo así al cumplimiento de la misión de las organizaciones.

A pesar de los desafíos enfrentados, como el incremento en los costos de capacitación y la adaptación a nuevas tecnologías, se reconoce que el costo-beneficio permitió a las organizaciones mantenerse competitivas en el mercado.

El estudio también destaca tendencias actuales en capacitación y desarrollo, como el aprendizaje como estrategia empresarial, el e-learning y la capacitación como consultoría del desempeño, subrayando la relevancia del uso de tecnologías de la información y la infraestructura tecnológica disponible para la adaptación a nuevos modelos de formación.

En conclusión, el artículo ofrece valiosos insights sobre las prácticas de capacitación y desarrollo en un contexto de contingencia, proporcionando información útil para investigaciones futuras y contribuyendo al conocimiento sobre cómo las organizaciones pueden enfrentar y adaptarse a desafíos inesperados, como la pandemia de COVID-19.

Ensayos de producción de Huitlacoche (*Ustilago maydis*) en maíces criollos, de la región de Libres, Puebla.

El artículo trata sobre la reproducción del hongo *Ustilago maydis*, conocido como huitlacoche en México, en variedades criollas de maíz en la región del Municipio de Libres, Puebla. El huitlacoche es considerado un manjar exótico y tiene importancia nutricional debido a su contenido de aminoácidos. Se menciona que la producción inducida de huitlacoche

requiere condiciones ambientales específicas, como alta humedad relativa y temperaturas entre 16-32 °C.

El estudio se realizó en una parcela experimental del Instituto Tecnológico Superior de Libres, donde se establecieron tres variedades de maíz criollo (azul, amarillo y blanco). Se llevaron a cabo procedimientos de preparación del terreno, establecimiento del cultivo, manejo del cultivo y proceso de inoculación del hongo.

Los resultados mostraron que la variedad de maíz criollo blanco presentó el mayor Porcentaje de Incidencia (PI) al *Ustilago maydis*, con un 26.21% y una producción aproximada de 4.87 Ton/Ha. Se realizaron mediciones de severidad (SEV), rendimiento promedio por planta inoculada (RPLINC) y porcentaje de plantas infectadas por variedad de maíz (PPLINF), donde se observó que el maíz blanco y azul mostraron un mayor potencial para la producción de huitlacoche en comparación con el maíz amarillo.

En conclusión, se sugiere que la aplicación de esta técnica de producción puede ser una alternativa para que los productores de maíz incrementen sus ingresos en la región de valles altos del Estado de Puebla, donde el maíz es un cultivo importante. Las variedades criollas de maíz son consideradas parte del patrimonio de los productores de la región.

Análisis de la educación inclusiva y diversa, una deuda histórica, percepción docente del ITS Libres.

El artículo aborda el tema de la educación inclusiva, destacando la importancia de este enfoque en el sistema educativo actual. Se reconoce que la educación inclusiva no se trata simplemente de integrar grupos vulnerables a la sociedad, sino de crear políticas, programas y experiencias que construyan una cultura escolar inclusiva que responda a la diversidad del alumnado y garantice el derecho de todos los estudiantes a una educación de calidad.

El texto contextualiza el surgimiento del concepto de educación inclusiva, desde los movimientos internacionales en las décadas de 1980 y 1990 hasta la inclusión de este enfoque en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Se discuten antecedentes teóricos, modelos educativos inclusivos y marco normativo internacional y nacional.

En el ámbito mexicano, se mencionan los esfuerzos realizados desde la década de 1990 para promover la

integración educativa y la atención a la diversidad. Se aborda la legislación nacional relacionada con la educación inclusiva y se describen los tipos de discapacidad reconocidos por la Secretaría de Educación Pública, así como otras formas de diversidad como la pertenencia a pueblos indígenas y las altas capacidades.

El artículo también presenta un estudio de caso realizado en el Instituto Tecnológico Superior de Libres (ITSLibres) en el estado de Puebla, México. Este estudio analiza el nivel de conocimiento y las prácticas inclusivas del personal docente en la institución, destacando la necesidad de capacitación y el

reconocimiento de barreras para una educación inclusiva efectiva.

En conclusión, el artículo subraya que, a pesar de los esfuerzos realizados, la educación inclusiva sigue siendo una deuda histórica en muchos contextos educativos, incluido el caso del ITSLibres. Se destaca la importancia de generar estrategias y herramientas para abordar las necesidades educativas especiales y superar las barreras para una educación verdaderamente inclusiva.



Comparación de tres técnicas de compostaje para el manejo de residuos orgánicos

7

*Daniel-Alejandro García-López¹, Eduardo Vázquez-Duran¹, Karla-Nohemí Aceves-Domínguez¹, Gabriel Amador-Castilla¹, Yanet López-Cabrera²

¹ TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Libres, División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres, Puebla, México.

*daniel.gl@libres.tecnm.mx

² TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Libres, División de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres, Puebla, México.

RESUMEN

El compostaje es un proceso natural que transforma la materia orgánica en compost para su uso en suelos agrícolas y germinación vegetal. Actualmente existen diferentes métodos para el desarrollo de esta técnica, sin embargo, es necesario identificar el proceso más adecuado y eficiente para la transformación de residuos orgánicos. El presente trabajo tuvo como objetivo comparar tres métodos de compostaje para transformar residuos. Para transformar residuos, se probaron: pila de composta por aireación pasiva (T1), pila de composta convencional (T2) y compostaje natural (T3). Para comparar las tres técnicas se mantuvo un monitoreo de la evolución del proceso y al término el compost obtenido se empleó para evaluar

germinación en semillas de alfalfa. Se aplicaron pruebas cerradas y abiertas de germinación donde se observó que el T3 mostro poca o nula fertilidad, seguido por el T1 y finalmente el T2 demostró las mejores características de compostaje, además de requerir menos recursos y materiales para su desarrollo.

Palabras Clave: desechos, orgánico, humus, agricultura regenerativa.

Introducción

En la actualidad se vive un deterioro ambiental a consecuencia del masivo uso de recursos naturales en actividades industriales. Como resultado, anualmente se genera una gran cantidad de residuos, es decir, materiales desechados que no tienen otra finalidad más que su acumulación en vertederos. De acuerdo a datos de la Secretaría del Medio Ambiente, un mexicano en promedio genera diariamente cerca de un kilogramo de residuos sólidos (SEMARNAT, 2016). La producción excesiva de residuos tiene diferentes consecuencias ambientales para la salud humana y de los ecosistemas, como ejemplo, se estima que alrededor del 3% de los gases de efecto invernadero a nivel mundial provienen de la descomposición de desechos sólidos y de aguas residuales (IPCC, 2022). Por otra parte, es necesario destacar que del 50-55% de los residuos sólidos que a diario se desechan en México son de origen orgánico (SEMARNAT, 2016).

Otro problema es la pérdida o degradación de suelos que, como resultado genera suelos incapaces de sostener, tanto la producción de cultivos agrícolas, como de especies vegetales endémicas. De acuerdo a datos del Informe de la Situación del Medio Ambiente, entre el 45-60% de la superficie de los suelos de México presentan algún tipo de degradación (SEMARNAT, 2018), algunas de sus causas incluyen: degradación química (34 millones de ha) por pérdida de fertilidad y degradación física (10.8 millones de ha) por compactación de suelos.

La creciente degradación del suelo, derivado de actividades agrícolas intensivas, junto al alarmante aumento en la generación de residuos orgánicos, demuestra la necesidad de implementar técnicas orientadas a mitigar ambos problemas. Como consecuencia, el compostaje es una técnica adecuada para resolver parcialmente ambos problemas, ya que permite la transformación de residuos orgánicos en compuestos húmicos que pueden ser empleados como enmiendas para recuperar suelos con poca fertilidad. Diferentes materiales pueden ser empleados durante el proceso de compostaje, entre los cuales podemos incluir residuos de alimentos, podas de jardinería, estiércol animal, residuos agrícolas y municipales (Soto y Muñoz, 2002).

El proceso de compostaje puede ser natural o controlado, un proceso natural es aquel que sucede en la naturaleza donde la materia orgánica del suelo

mediante la actividad de diferentes microorganismos se transforma en humus. Por otro lado, en un proceso controlado se requiere la intervención humana para realizar pilas de composta donde el proceso natural se recrea (Cooperband, 2002).

El compostaje controlado es un proceso biológico aerobio (en presencia de oxígeno), que se desarrolla bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas. Durante el proceso, se acumula la materia orgánica en capas hasta formar una pila de composta de al menos un metro de altura. Una vez establecida la pila de compost, inicia el proceso de compostaje que se desarrolla por la colonización por microorganismos, entre los que destacamos bacterias, hongos y actinomicetos. El proceso debe atravesar dos etapas distintivas: la primera se conoce como etapa activa, la cual sucede entre las 24 y 72 horas de establecer la pila de composta, dicha fase se distingue por un rápido incremento de la temperatura hasta alcanzar alrededor de los 45-65°C; dicho aumento de la temperatura es esencial ya que permite la eliminación de patógenos, inactivación de semillas de malezas y destrucción de compuestos fitotóxicos; al término de la fase activa que dura un par de semanas da inicio la etapa de maduración, donde se registran temperaturas a partir de los 35°C y se inicia un descenso hasta equilibrar con la temperatura ambiental; la segunda fase se puede extender por más de un mes y es la etapa donde los microorganismos realizan la transformación de la materia orgánica en humus. Existen diferentes tipos de compostaje controlado, entre los que podemos destacar la pila de composta, la pila de composta con aireación pasiva y la pila de composta por aireación forzada, por mencionar algunos (Cooperband, 2002).

Entre los beneficios que obtenemos al producir y aplicar composta en los suelos se encuentran: reincorporación de materia orgánica; aumento en la retención hídrica; mejora en estructura e incremento en la fertilidad, lo puede reducir la demanda de abonos químicos hasta en un 50% (Negro *et al.*, 2000). El desarrollo de compostaje es una técnica necesaria para el desarrollo de una agricultura sustentable y regenerativa, sin embargo, es necesario encontrar las condiciones óptimas de compostaje antes de establecer la técnica. De tal motivo, la presente investigación comparó tres diferentes técnicas para la transformación de residuos orgánicos y se evaluó su efectividad mediante pruebas de germinación.

Metodología

El trabajo se desarrolló dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Libres (ITSL) en la ciudad de Libres, Puebla; durante los meses marzo a mayo de 2023. El municipio de Libres se localiza en la parte centro norte del estado de Puebla a una altitud de 2,378 msnm con una precipitación anual promedio de 650 mm. Las coordenadas geográficas son los paralelos 19° 27' 52" de latitud norte y los meridianos 97° 41' 52" de longitud oeste. Dentro de las instalaciones del ITSL se designó un área para la captación de residuos sólidos orgánicos para su transformación mediante compostaje.

Se compararon tres técnicas de compostaje: 1) pila de composta con aireación pasiva (T1), 2) pila de composta (T2), y 3) compostaje natural (T3).

Elaboración de pilas de composta

Para armar las pilas de composta se colectaron residuos agrícolas y domésticos dentro de la región. Una vez colectados se llevaron a las instalaciones del ITSL para su procesamiento. El procesamiento de residuos consistió en picar los residuos hasta obtener un tamaño alrededor de 5 cm, con ayuda de un triturador vegetal. Una vez triturados los residuos, se procedió a armar las pilas de composta realizando las siguientes mezclas (Figura 1):

T1: Abono ovino 30%, paja 30%, cascara de huevo 30%, inóculo de composta 10%.

T2: Inóculo de composta 30%, desechos vegetales 60%, paja 10%.

T3: Pasto, residuos vegetales secos 100%.



Figura 1. Pilas de composta evaluadas: T1 (pila de composta con aireación pasiva), T2 (pila de composta), T3 (compostaje natural).

La formación de las pilas de composta consistió en armar pilas de 1.5 X 2.5 m por 1 m de alto. Como dato adicional en la pila del T1 se adicionó tubería PVC de una pulgada con finalidad de mejorar la ventilación

(aireación pasiva), en contraparte las pilas T2 y T3 no contenían dicha adecuación.

Para asegurar condiciones favorables, las pilas se humedecían hasta alcanzar cerca del 80% de humedad y se cubrían con plástico oscuro para retener condiciones adecuadas. Adicionalmente, se realizaron volteos de las pilas de compost cada semana. El proceso de compostaje se desarrolló a lo largo de 50 días, durante los cuales se llevó registro del pH y temperatura de las pilas de composta. Para obtener los datos se emplearon sensores digitales para registrar pH (rango 3.5-9.0) y temperatura (rango 0-300°C). Los datos sirvieron para graficar e identificar si la pila pasaba por las etapas de activa y de maduración durante el proceso. Durante la etapa de compostaje los cuidados básicos de humedad y volteos se cumplieron para garantizar el desarrollo adecuado del compostaje. Al término de la etapa de compostaje, se procedió a analizar la calidad del compost mediante pruebas de germinación dentro del laboratorio.

Prueba de germinación

Para realizar las pruebas de germinación, el compost fue tamizado mediante una criba de 0.5 cm, con la finalidad de remover materia orgánica de mayor tamaño que interfiriera en la prueba. Se realizaron dos pruebas de germinación denominadas prueba cerrada y abierta, de acuerdo a los lineamientos de la organización best for soil (<https://www.best4soil.eu/>).

La prueba cerrada se desarrolló empleando envases transparentes de plástico de 1L de capacidad: dentro de los cuales se agregó 200 g de compost y 1g de semillas de alfalfa (*Medicago sativa*). Los recipientes se humedecieron y se mantuvieron sellados con tapa para la evaluación de germinación. La prueba se realizó en cada tipo de compostaje por triplicado y al término de dos semanas se midió la longitud de las raíces que germinaron (Figura 2A).

Por su parte la prueba abierta consistió en colocar 200 g compost en macetas y 1 g de semilla de alfalfa. Esta prueba se desarrolló para permitir el crecimiento de la parte aérea vegetal que al término de dos semanas se cosechó y permitió hacer comparaciones de peso fresco y seco de la biomasa. De igual forma esta prueba se realizó por triplicado por cada tipo de composta (Figura 2B). La toma de peso se realizó con una balanza analítica digital con margen de error de 0.0001 g, para obtener el peso seco, la biomasa se dejó 24 horas dentro de un horno (105°C) y al término la biomasa se pesó para obtener peso seco constante.

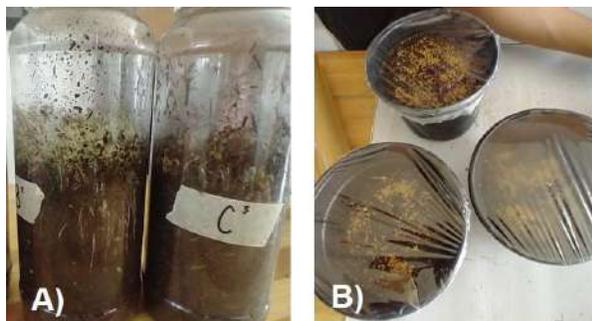


Figura 2. Desarrollo de pruebas para determinar germinación: prueba cerrada (A) y abierta (B).

Para determinar diferencias significativas, los datos se compararon mediante prueba de ANOVA de una vía y las diferencias de medias se resolvieron mediante prueba de Tukey con un nivel de confianza de $p < 0.05$. El análisis se desarrolló con el software estadístico Minitab 19.

Resultados y discusión

Pilas de compostaje

El proceso de compostaje tuvo una duración de 50 días, durante dicho tiempo se registró la temperatura y pH de las pilas de composta. En la figura 3 se pueden observar los cambios de temperatura que se registraron en cada pila. El T1 fue donde primero se alcanzó la fase activa de compostaje, ya que superó los $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ el día 7, por su parte el T2 inició la fase activa el día 9, finalmente el T3 nunca superó los 45° de temperatura, por lo que se puede concluir que nunca entró a fase activa de compostaje. La fase activa del T1 se prolongó por 7 días, desde el día 7 al 14, por su parte el T2 mantuvo una fase activa por 19 días, dando inicio el día 9 y finalizando el día 28. Es importante mencionar que, para lograr una composta de calidad, es recomendable mantener la fase activa del compostaje por al menos 2 semanas, para garantizar un buen proceso (Ozores-Hampton, 2010). Por su parte la etapa de maduración para la T1 inició el día 24 y se prolongó por 26 días, mientras que la T2 se inició el día 31 y la duración de su etapa de maduración fue de 19 días.

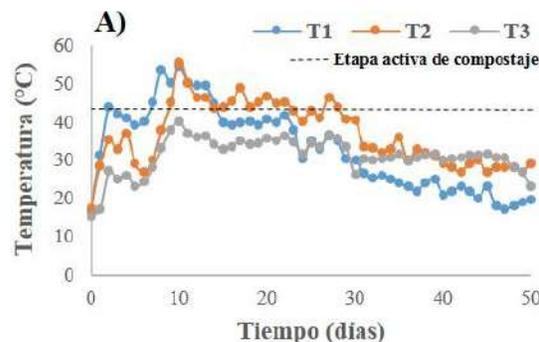


Figura 3. Variación de la temperatura (línea punteada marca temperatura de etapa activa).

Se puede suponer que una mayor actividad de microorganismos se desarrolló en el T2, prueba de ello es la mayor duración de la fase activa y también que fue la pila de compost donde mayor variación del pH se observó (figura 4), en contraparte T1 y T2 mostraron menor variación en la actividad del pH. Una alta variabilidad del pH se puede asociar como un indicador de presencia de cambios químicos debido a la presencia y actividad de microorganismos (Vásquez de Díaz *et al.*, 2010).

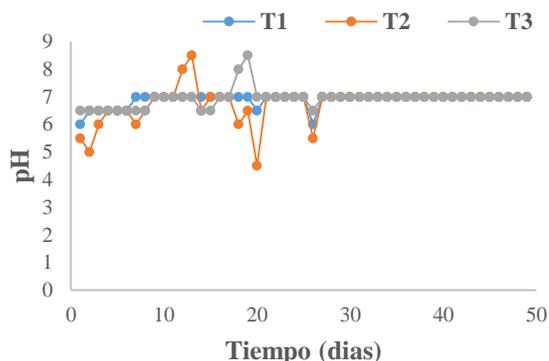


Figura 4. Variación del pH

Prueba de germinación

Al término del proceso de compostaje, el compost se tamizó para trabajarlo sin la interferencia de material orgánico de gran tamaño durante la prueba de germinación. Al término de la prueba de germinación, se procedió a analizar los resultados para determinar si existen diferencias significativas entre las 3 técnicas de compostaje mediante las dos pruebas (Figura 5).

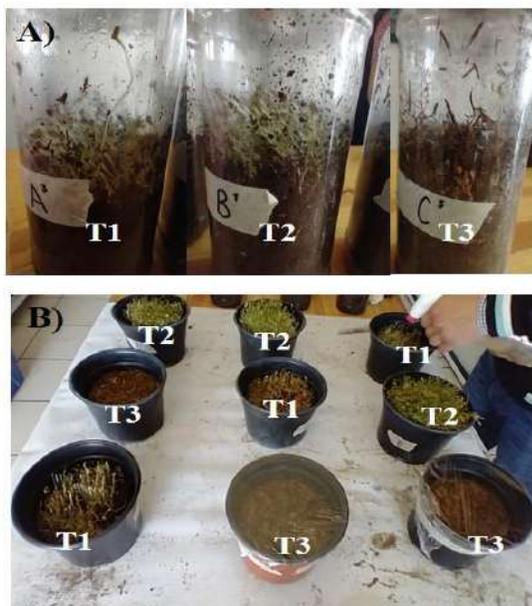


Figura 5. Resultados del desarrollo de pruebas de germinación: prueba cerrada (A) y abierta (B).

Se observó que el T3 (compostaje natural), en la prueba cerrada demostró los valores menores; y en la prueba abierta no se registró germinación. Por su parte, las muestras que provenían de T1 y T2 dieron positivo en las dos pruebas de germinación. Este hecho hace concluir que el proceso de compostaje natural no es un proceso optimizado, requiriendo posiblemente mayor tiempo, debido a su poca o nula manipulación del proceso y al poco equilibrio que se logra solo con la acumulación de material vegetal.

Al analizar estadísticamente los resultados, se obtuvieron los valores promedio de cada una de las variables de los experimentos realizados (Tabla 1). Para la longitud de raíz de la prueba de germinación cerrada, se observó un mayor valor promedio en el T2 de 5.12 ± 0.61 cm, siendo estadísticamente similar a la longitud observada en el T1 (3.92 ± 0.32 cm), finalmente el menor valor se observó en el T3 (2.66 ± 0.62 cm). Por su parte, la prueba de germinación abierta mostró un comportamiento semejante para los valores de peso fresco, siendo el T3 el único tratamiento donde no se observó germinación. Finalmente, los datos de peso seco mostraron un valor significativamente mayor para el T2 (3.21 ± 1.26 cm), seguido del T1 (1.64 ± 0.62 cm) y el T3 no reportó valores por no permitir germinación vegetal.

En el caso del T3 se obtuvieron resultados contrastantes, puesto que, durante la prueba cerrada se

observó germinación, y durante la prueba abierta no. Esta diferencia podría deberse a que la primera prueba se realizó dentro de un recipiente cerrado, con lo cual se retuvo mayor humedad por estar dentro del recipiente sellado. En contraparte, la segunda prueba se desarrolló sin estar cerrado el recipiente (prueba abierta), por lo cual, la retención de la humedad depende de las características del compost, así como de la presencia de materia orgánica. Por lo cual, se puede suponer que el T3 no es compostaje adecuado para generar rápidamente compost, ya que el proceso de compostaje natural puede tardar más de un año para que la materia orgánica se humidifique (Cooperband, 2002). Por lo tanto, se observa que todo proceso de compostaje requiere cierta tecnificación para desarrollar el proceso en un menor tiempo; y transformar residuos orgánicos en compost para su uso en germinación vegetal.

Los resultados obtenidos demuestran que T1 y T2 mostraron valores muy similares para las variables de estudio. Sin embargo, el T1 demanda mayores recursos para su elaboración (abono, cascarón de huevo, tubería pvc) y al término, generó resultados similares que los observados en el T2. El éxito del proceso de compostaje en el T2 puede ser debido al uso de un inoculo mayor de composta (30%), en comparación del menor porcentaje en el T1 (10%) con abono ovino (30%). Uno de los elementos más importantes para el éxito del compostaje, es proveer los microorganismos adecuados para el desarrollo del proceso (Camacho *et al.*, 2014), como se vio en el presente trabajo donde el T1 a pesar de contar con mayores recursos no logró dar los mayores resultados debido a la ausencia de microorganismos eficientes. Lo cual se aprecia en las variables medidas al final del experimento y durante el monitoreo de la fase activa de las compostas evaluadas.

Tabla 1. Valores obtenidos al término de las pruebas cerradas y abiertas de fertilidad.

Variable	T1	T2	T3
Longitud raíz (cm)	3.92 ± 0.32 a	5.12 ± 0.61 a	2.66 ± 0.62 b
Peso fresco (g)	24.31 ± 0.82 a	22.64 ± 2.01 a	0.00 ± 0.00 b
Peso seco (g)	1.64 ± 0.62 ab	3.21 ± 1.26 a	0.00 ± 0.00 b

Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, prueba Tukey ($p < 0.05$).

Conclusión

El compostaje es una técnica pertinente para el manejo y transformación de residuos sólidos orgánicos en humus. Sin embargo, de las diferentes técnicas de compostaje que se pusieron a prueba, se observó que, el compostaje natural es el que requiere mayor tiempo para lograr resultados. Por su parte, las técnicas controladas a pesar de contener mayor cantidad de recursos, no garantizan los mejores resultados. Lo cual se comprobó al comparar la técnica de pila de composta por aireación pasiva contra la pila de composta convencional. Parece ser que uno de los elementos más importantes para el éxito de un compostaje tiene que ver con el aporte de microorganismos adecuados para acelerar el proceso.

Referencias

- Camacho, A.D., Martínez, L., Ramírez Saad, H., Valenzuela, R., Valdés, M. (2014) Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*, 32(4): 291-300.
- Cooperband, L. (2002) The art and science of composting a resource for farmers and compost producers. *Center for Integrated Agricultural Systems, University of Wisconsin-Madison*.
- IPCC (2022) Sexto informe de evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022. Disponible en: <https://www.unep.org/es/resources/informe/sexta-informe-de-evaluacion-del-ipcc-cambio-climatico-2022>
- Negro, M.J., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P., De Benito, A., García Martín, A., García Muriedas, G., Labrador, C., Lacasta, C., Lezaún, J. A., Meco, R., Pardo, G., Solano, M. L., Torner, C., Zaragoza, C. (2000) Producción y gestión del compost. *Informaciones Técnicas*, 88: 33.
- SEMARNAT (2016) Residuos sólidos urbanos: la otra cara de la basura. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39412/RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS-ENCARTE.pdf
- Ozores-Hampton, M. (2010) Guía para la Utilización Exitosa del Compost en la Producción de Hortalizas. HS1161/HS406, 3/2010. *EDIS*, 2.
- SEMARNAT (2018). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, Suelos. Disponible en: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- Soto, G., Muñoz, C. (2002) Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65: 123-129.
- Vásquez de Díaz, M.C., Prada P., P.A., Mondragon A., M.A. (2010) Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *NOVA*, 8(14).

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Libres por el apoyo para realizar el proyecto “Tratamiento de residuos sólidos orgánicos mediante compostaje-lombricompostaje y su evaluación para mejorar suelos agrícolas” (DT-IIAS-0021-2023); y a la Academia de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable por las facilidades brindadas.

Currículo corto de los autores

Daniel Alejandro García López es docente de tiempo completo e investigador de la carrera en Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable en el Instituto Tecnológico Superior de Libres. Doctorado en Ciencias por el Instituto de Ecología (INECOL) y miembro nivel candidato del SNI (2023-2026).

Eduardo Vázquez Duran, Karla Nohemí Aceves Domínguez, Gabriel Amador Castilla son pasantes de la carrera en Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable en el Instituto Tecnológico Superior de Libres.

Yanet López Cabrera es docente de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias en el Instituto Tecnológico Superior de Libres. Maestría en Tecnología en Agroindustria (COLPOS).



Creación de una interfaz HMI para la implementación del método de mínimos cuadrados para la corrección del error de sensores TOF

13

Román Perez-Saldaña¹, Ángel-David Flores-Torres¹, Crithian-Omar Vázquez-Marín¹, Elmar Montiel-Jiménez²

¹ TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Libres, División de Ingeniería en Sistemas Automotrices, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres, Puebla, México.

roman.ps@libres.tecnm.mx, angeld.ft@libres.tecnm.mx, vazquezmarincristhian@gmail.com

² TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Libres, División de Ingeniería en Electromecánica, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres, Puebla, México.

elmar.mj@libres.tecnm.mx

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la realización de una interfaz gráfica que mida el desgaste de balatas automotrices, mediante el empleo de sensores ópticos TOF VL6180X y la aplicación del método de mínimos cuadrados. Para lograr el objetivo de este trabajo, se realiza la programación en lenguaje C del algoritmo de la técnica de mínimos cuadrados en un microcontrolador de la familia Arduino. Los resultados obtenidos permiten comparar la medición en tiempo real del desgaste de balatas contra medidas patrón de

grosores preestablecidos. Se logró construir una HMI (Interfaz Hombre-Máquina) capaz de implementar la técnica de mínimos cuadrados, la cual redujo hasta en un 99.86% el error en las mediciones con respecto a el error inicial de los sensores y se obteniendo una exactitud de hasta 99.92%.

Palabras Clave: Mínimos Cuadrados, Error, Balatas, TOF VL6180X, Arduino.

Introducción

Los orígenes de la técnica de mínimos cuadrados se remontan al siglo XVIII con el problema de la determinación del arco meridiano terrestre, sin embargo, su formalización fue realizada por Gauss a inicios del siglo XIX (Ruiz). Actualmente sus aplicaciones han sido diversas, como la linealización de datos estadísticos como en el trabajo mostrado en Research on the Application of Improved Least Square Method in Linear Fitting. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science de Kong o en el diagnóstico de fallas abordado de X. He.

Por otra parte, el sector automotriz está sujeto a constantes cambios debidos a los avances tecnológicos y mayores demandas en eficiencia y seguridad, bajo este contexto, uno de los sistemas de mayor relevancia es el sistema de frenos, cuyo papel es primordial en la seguridad de los pasajeros, en particular, uno de los componentes que ha sido sujeto a innovaciones tecnológicas en los últimos años dentro de este sistema han sido las balatas a las cuales se les ha incorporado un sistema de medición de desgaste de las mismas. Este sistema de medición de desgaste de balatas consiste por lo regular por sensores electrónicos, estos están compuestos por un cable en forma de círculo que cuenta con una pequeña corriente eléctrica (unos 2.000 ohmios). Blog Motor MAPFRE (2023).

Se han realizado investigaciones buscando nuevas formas de medición de desgaste de balatas entre las cuales está la inclusión de sensores de microcontroladores basados en infrarrojo los cuales miden la distancia entre la superficie del disco y la balata (S. Ganeshkumar 2020), el cálculo de desgaste introduciendo dos datos en la unidad de control electrónico (ECU, por sus siglas en inglés), el espesor inicial de la balata y la distancia de frenado, posteriormente con estos datos la ECU se encarga calcular de forma indirecta el desgaste de las balatas (Chetan C. 2019)

Por lo general, cuando la pastilla de freno se desgasta, el elemento conductor se destruye. El procesador detecta la destrucción y advierte al conductor a través de una interfaz hombre-máquina (HMI). Un ejemplo de la interfaz del conductor podría ser un indicador en el grupo de instrumentos. (Higgins, D. T. 2004)

El error de la medida es la desviación que presentan las medidas prácticas de una variable de proceso con relación a las medidas teóricas o ideales, como resultado de las imperfecciones de los aparatos y de las variables parásitas que afectan al proceso.

Es decir:

Error = Valor leído en el instrumento - Valor ideal de la variable medida.

El error absoluto es: error absoluto = valor leído - valor verdadero

El error relativo representa la calidad de la medida y es:

Error relativo = Error absoluto / Error verdadero.

En el presente artículo se expone la manera en la que se realizaron pruebas de medición a cuatro sensores de tipo TOF VL6180X y se corrigió el error de medición de fábrica mediante el método de los mínimos cuadrados. Dicha corrección se aplica en la creación de un módulo o prototipo para la medición del desgaste de balatas automotrices para ser usado en el Tecnológico Superior de Libres.

Marco teórico

Método de los mínimos cuadrados

El método de los mínimos cuadrados es un procedimiento de análisis numérico en el que, dados un conjunto de datos (pares ordenados y familia de funciones), se intenta determinar la función continua que mejor se aproxime a los datos (línea de regresión o la línea de mejor ajuste), proporcionando una demostración visual de la relación entre los puntos de los mismos. En su forma más simple, busca minimizar la suma de cuadrados de las diferencias ordenadas (llamadas residuos) entre los puntos generados por la función y los correspondientes datos.

Este método se utiliza comúnmente para analizar una serie de datos que se obtengan de algún estudio, con el fin de expresar su comportamiento de manera lineal y así minimizar los errores de la data tomada.

Su expresión general se basa en la ecuación de una recta:

$$y=mx+b \tag{1}$$

Donde **m** es la pendiente y **b** el punto de corte, y vienen expresadas de las ecuaciones 2 y 3:

$$\frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2} \tag{2}$$

$$b = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum(x \cdot y)}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2} \tag{3}$$

(x, y) son los datos en estudio y n la cantidad de datos que existen.

El método de mínimos cuadrados calcula a partir de los N pares de datos experimentales (x, y), los valores **m** y **b** que mejor ajustan los datos a una recta. Se entiende por el mejor ajuste aquella recta que hace mínimas las distancias d de los puntos medidos a la recta.

Teniendo una serie de datos (x, y), mostrados en un gráfico o gráfica, si al conectar punto a punto no se describe una recta, debemos aplicar el método de mínimos cuadrados, basándonos en su expresión general mostrada en la ecuación 4:

$$y = \left(\frac{n \cdot \sum(x \cdot y) - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2} \right) x + \left(\frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum(x \cdot y)}{n \cdot \sum x^2 - |\sum x|^2} \right) \tag{4}$$

Cuando se haga uso del método de mínimos cuadrados se debe buscar una línea de mejor ajuste que explique la posible relación entre una variable independiente y una variable dependiente. En el análisis de regresión, las variables dependientes se designan en el eje (y) vertical y las variables independientes se designan en el eje (x) horizontal. Estas designaciones formarán la ecuación para la línea de mejor ajuste, que se determina a partir del método de mínimos cuadrados.

El método de los mínimos cuadrados es el procedimiento más objetivo para ajustar a una recta un conjunto de datos representados en un diagrama de dispersión. Las principales aplicaciones de este método de Mínimos Cuadrados son en el ajuste de curvas. (Renan, G.R. (2014))

Portador de sensor de distancia de tiempo de vuelo VL6180X con regulador de voltaje

Este sensor es una placa portadora / de ruptura para el sensor de luz ambiental y de proximidad VL6180X de ST, en el cual se mide el alcance de un objeto objetivo hasta 20 cm de distancia (o 60 cm con resolución reducida). El VL6180X utiliza mediciones de tiempo de vuelo de pulsos infrarrojos para el alcance, lo que le permite brindar resultados precisos independientemente del color y la superficie del objetivo. Las mediciones del

nivel de luz ambiental y de distancia se pueden leer a través de una interfaz I2C digital. La placa tiene un regulador lineal de 2.8 V y cambiadores de nivel integrados que le permiten trabajar en un rango de voltaje de entrada de 2.7 V a 5.5 V, y el espaciado de pines de 0.1 " hace que sea fácil de usar con placas de prueba sin soldadura estándar y placas perfiladas de 0.1 ". (Pololu Corporation (2021) <https://www.pololu.com/product/2490>)

A diferencia de los sensores ópticos más simples que utilizan la intensidad de la luz reflejada para detectar objetos, el VL6180X utiliza la tecnología FlightSense de ST para medir con precisión cuánto tardan los pulsos emitidos de luz láser infrarroja en llegar al objeto más cercano y reflejarse de nuevo en un detector, lo que lo convierte en esencialmente un sensor lidar de corto alcance. Esta medición de tiempo de vuelo (TOF) le permite determinar con precisión la distancia absoluta a un objetivo con una resolución de 1 mm, sin que la reflectancia del objeto influya en la medición. El sensor está clasificado para realizar mediciones de alcance de hasta 10 cm (4 "), pero a menudo puede proporcionar lecturas de hasta 20 cm (8 ") con su configuración predeterminada. Además, el VL6180X se puede configurar para medir rangos de hasta 60 cm (24 ") a costa de una resolución reducida, aunque el alcance exitoso en estas distancias más largas dependerá en gran medida del objetivo y el entorno. (Pololu Corporation (2021) <https://www.pololu.com/product/2490>)

Microcontroladores

Se puede decir con toda propiedad que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado.

El microcontrolador es un computador dedicado a diversas aplicaciones. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada. (Peña, D. N. (2008))

Arduino

El concepto Arduino de hardware de código abierto fue desarrollado por el visionario equipo de Arduino formado por Massimo Banzi, David Cuartiles, Tom Igoe, Gianluca Martino y David Mellis en Ivrea, Italia. El

objetivo del equipo era desarrollar una línea de microcontroladores fáciles de usar hardware y software tal que la potencia de procesamiento esté fácilmente disponible. (Thornton, 2013)

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring1) y el Arduino Development Environment (basado en Processing2). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo, con Flash, Processing, MaxMSP, etc.). Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarlas preensambladas; el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarlas a tus necesidades. (Herrador, 2009)

Metodología de pruebas

El procedimiento para realizar las pruebas consistió en la implementación de la programación mencionada en el apartado anterior y así lograr la obtención de 10 ciclos de muestras de 20 mediciones por día, durante tres días por etapa.

Todos los datos se concentran en tablas que promedian las 20 mediciones por sensor y que calculan el error o diferencia respecto al patrón de medición por cada ciclo. Luego la información se concentra por etapa (recopilación de tres días de pruebas) en una tabla general en donde por día se capturan los resultados de los promedios antes mencionados y de ella nuevamente se obtienen promedios y comparaciones respecto al patrón de cada sensor.

En la etapa 1 se procesaron los datos en gráficas y se optó por aplicar a esos mismos datos el método de los mínimos cuadrados con el fin de linealizar la medición y mejorar la precisión.

En la etapa 2 se implementó el método de mínimos cuadrados desde la programación y de nuevo se recopilaron 3 días de pruebas, en esta etapa solo se había mejorado la precisión con el parámetro de la constante calculada m en la ecuación. Se graficaron los datos y con el análisis de las gráficas se acoplo una nueva adición a la ecuación con la cual se pretende mejorar también el parámetro de la exactitud.

En la etapa 3 se incrementó la exactitud con el parámetro b de la ecuación y se obtuvieron un periodo de 20 ciclos de 20 mediciones durante 3 días y nuevamente se realizaron las gráficas para ver mejorados los parámetros de exactitud y precisión.

Lo anterior se representa de forma gráfica en el siguiente diagrama (Figura 1) donde se observan las fases y etapas mencionadas anteriormente.



Figura 1: Metodología implementada

Implementación

Medición análoga

El primer paso para obtener datos concretos y poder procesar las mediciones obtenidas es el tener un parámetro o patrón contra el que comparar los datos

obtenidos por cada uno de los sensores, así que el primer paso fue medir dos puntos: el primero es el espesor de cada una de las balatas en cuestión para saber cuál es el resultado aritmético que deseábamos obtener, y el segundo fue la distancia total que tenía que medir desde la posición del sensor hasta el contacto con el disco de freno o rotor, dichas mediciones se observan en la Tabla 1.

Tabla 1: ESPESORES DE BALATAS IMPLEMENTADAS EN PROTOTIPO

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Espesor Balata	3.5 mm	6 mm	8.5 mm	8.5 mm
Distancia real	14 mm	21 mm	20 mm	22 mm

Obtencion de datos nominales

Las primeras mediciones que se realizaron son el marco de partida de que tan grande es el error en comparativa con los datos medidos en la sección anterior, dichas mediciones se registran en Tabla 2.

Tabla 2: OBTENCIÓN DE DATOS INICIALES POR SENSOR

FECHA	DATOS 23- OCT AL 04 DE NOVIEMBRE DEL 2022							
	S1	MEDICION PROM S2			S4	PATRON S1	PATRON S2	PATRON S3/PATRON S4
MIERCOLES M1	7.95	33.1	15.15	11.05	14	21	20	22
MIERCOLES M2	8	32.65	15.55	11.45	14	21	20	22
MIERCOLES M3	7.7	32.55	15.3	11.45	14	21	20	22
MIERCOLES M4	7.4	32.55	15.55	11	14	21	20	22
MIERCOLES M5	6.9	32.5	15.3	11.3	14	21	20	22
MIERCOLES M6	8	32.75	15.55	11.75	14	21	20	22
MIERCOLES M7	7.15	32.45	15.55	12.1	14	21	20	22
MIERCOLES M8	7.6	33	15.85	11.5	14	21	20	22
VIERNES M1	7.95	33.05	13.9	12.7	14	21	20	22
VIERNES M2	7.65	33	13.95	12.2	14	21	20	22
VIERNES M3	8.35	33.5	13.65	12.05	14	21	20	22
VIERNES M4	7.6	33.85	14	12.5	14	21	20	22
VIERNES M5	7.5	34.1	13.7	12	14	21	20	22
VIERNES M6	7.35	33.7	13.85	12.2	14	21	20	22
VIERNES M7	7.55	34.4	13.7	14.8	14	21	20	22
VIERNES M8	7.45	34.05	13.6	14.8	14	21	20	22
VIERNES M9	7.8	33.55	13.75	14.25	14	21	20	22
VIERNES M10	7.15	32.8	13.6	13.5	14	21	20	22
DOMINGO M1	6.55	32.8	14.7	10.85	14	21	20	22
DOMINGO M2	6.55	32.6	14.7	10.95	14	21	20	22
DOMINGO M3	6.65	33	14.95	9.8	14	21	20	22
DOMINGO M4	5.9	32.95	14.7	10.2	14	21	20	22
DOMINGO M5	6.8	32.7	15.2	10.75	14	21	20	22
DOMINGO M6	6.15	32.9	15.7	10.65	14	21	20	22
DOMINGO M7	7.95	32.8	15.45	10.75	14	21	20	22
DOMINGO M8	6	32.55	15.45	10.65	14	21	20	22
DOMINGO M9	7.15	32.5	15.9	9.3	14	21	20	22
DOMINGO M10	6.05	31.8	15	9.65	14	21	20	22

A continuación, se muestra la gráfica (figura 2) del sensor 1 en esta etapa.



Figura 2: Grafica de sensor 1 etapa 1

Como ejemplo se muestra la gráfica del sensor 1(figura 2) en donde se compara la medición obtenida en la fase 1 contra el patrón de medida. En la misma se observa un desfase entre la medición real y la obtenida en la tabla 1 existiendo en promedio una diferencia o error de 6.71mm, lo cual representa un 47.98% de error respecto a la medición patrón obtenida con los instrumentos análogos.

Tabla 3: CONCENTRADO DE DATOS INICIALES POR SENSOR

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Promedio	7.2821	32.9982	14.7910	11.6553
Max	8.35	34.4	16	14.8
Min	5.9	31.8	13.6	9.3
Diferencia Max y Min	2.45	2.6	2.4	5.5
Diferencia prom patron	6.7178	-11.9982	5.2089	10.3446
Varianza	0.4218	0.3550	0.7912	1.9628
% error vs patron	47.98%	-57.13%	20.04	47.02%

En la Tabla 3 se observa que en este punto inicial de la investigación el error que existe en cuanto a las mediciones no es lineal ni constante entre los sensores, y es por demás enorme llegando hasta un 57.13% en el más grave de los casos y en un 26.04% en el mínimo de ellos. La exactitud varia hasta en ± 11.99 mm y la precisión en un ± 5.5 mm. Con estos datos se constata que los sensores sin algún tipo de corrección mediante el algoritmo de programación no servirán para proporcionar medidas certeras o fiables para el fin deseado.

Para el sensor 1 la precisión es de ± 2.45 mm de acuerdo a los datos observados. Existe un error de alrededor de 6.71 mm por debajo de la medición patrón.

Para el sensor 2 la precisión es de ± 2.6 mm de acuerdo a los datos observados. Existe un error de alrededor de 11.99 mm por encima de la medición patrón.

Para el sensor 3 la precisión es de ± 2.4 mm de acuerdo a los datos observados. Existe un error de alrededor de 5.2 mm por debajo de la medición patrón.

Para el sensor 4 la precisión es de ± 5.5 mm de acuerdo a los datos observados. Existe un error de alrededor de 10.34 mm por debajo de la medición patrón.

Obtención de los parámetros de la ecuación

En la Tabla 4 se muestra el tratamiento dado a los datos para obtener los parámetros y nuevos resultados implementando el método de los mínimos cuadrados, se procesaron matemáticamente con las ecuaciones anteriormente descritas para obtener parámetros como el valor de las constantes m y b para cada uno de los sensores.

TABLA 4: OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA SENSOR 1.

Método de mínimos cuadrados S1

X	Y	X*Y	X*X	Y=mX+b
1	7.95	7.95	1	7.89
2	8	16	4	7.84
3	7.7	23.1	9	7.80
4	7.4	29.6	16	7.75
5	6.9	34.5	25	7.71
6	8	48	36	7.66
7	7.15	50.05	49	7.62
8	7.6	60.8	64	7.57
9	7.95	71.55	81	7.53
10	7.65	76.5	100	7.48
11	8.35	91.85	121	7.44
12	7.6	91.2	144	7.39
13	7.5	97.5	169	7.35
14	7.35	102.9	196	7.30
15	7.55	113.25	225	7.26
16	7.45	119.2	256	7.22
17	7.8	132.6	289	7.17
18	7.15	128.7	324	7.13
19	6.55	124.45	361	7.08
20	6.55	131	400	7.04
21	6.65	139.65	441	6.99
22	5.9	129.8	484	6.95
23	6.8	156.4	529	6.90
24	6.15	147.6	576	6.86
25	7.05	176.25	625	6.81
26	6	156	676	6.77
27	7.15	193.05	729	6.72
n=	28	8.05	225.4	6.68

$$\sum x = 406 \quad \sum y = 203.9 \quad \sum (x * y) = 2874.85 \quad \sum x^2 = 7714$$

$$m = \frac{n * \sum (x * y) - \sum x * \sum y}{n * \sum x^2 - |\sum x|^2} = -0.04471$$

$$b = \frac{\sum y * \sum x^2 - \sum x * \sum (x * y)}{n * \sum x^2 - |\sum x|^2} = 7.97.3055$$

En la Tabla 5 se observa cómo se obtuvo los parámetros de la ecuación del método de mínimos cuadrados para el sensor 1, mismos que procedieron de la recopilación de datos de los 3 días de pruebas de esa primera etapa, en dicha tabla se observa la implementación de las ecuaciones 2 y 3 de la sección de marco teórico.

TABLA 5: CONCENTRADO DE VALORES OBTENIDOS POR MEDIO DEL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS POR SENSOR.

Parametros para ecuación sensor 1				
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Valor n	28	28	28	28
Sum. X	406	406	406	406
Sum. Y	203.9	923.95	414.15	326.35
Sum. X*Y	2874.85	13380.6	6017.5	4636.45
Sum x exp2	7714	7714	7714	7714
Valor m	-0.04447	-0.00912	0.006746	-0.0523
Valor b	7.9305	33.1305	14.6932	12.4142
Y=mx+b	7.8858	33.1214	14.7	12.3619

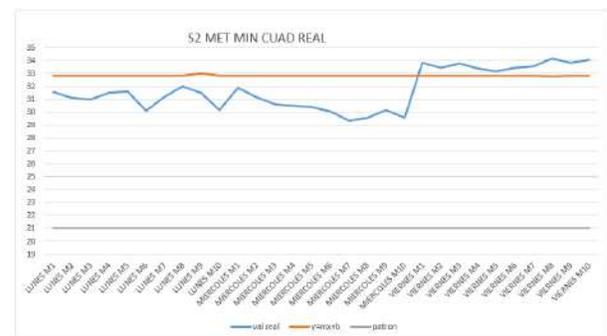


Figura 3: Grafica de aplicación del método M.C. al sensor 2.

Tal como se observa en la figura 3, ahora ya se obtiene una línea recta sin las variaciones bruscas de las tablas de la etapa anterior a esta, con esto se logra un gran avance en cuanto a la corrección de la precisión se refiere, es decir la variación el valor máximo y mínimo de este conjunto de datos (varianza) se redujo drásticamente.

TABLA 6: RESULTADOS TEORICOS DE APLICACIÓN DEL METODO.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Prom, Prom	7.604	32.8477	14.7732	11.82
Max	7.782	32.99	14.8005	11.978
Min	7.4805	32.818	14.289	11.6935

Max-Min	0.3015	0.178	0.5115	0.2845
Prom-patron	6.3958	-11.8477	5.2268	10.1705
Varianza	0.0061	0.0010	0.0083	0.0072
% de error	45.6847	56.4177	23.13	46.2503

Precisión corregida

Como se observa en la Tabla 6, se puede realizar una comparativa entre la precisión obtenida en la etapa 1 de la metodología y la obtenida en este punto con las mediciones de la ecuación implementada, recordando que entre más cercano sea el valor a cero, más preciso es el resultado.

7: COMPARATIVA DE VARIANZA POR FASES.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Varianza Fase 1 (mm²)	0.4218	0.3550	0.7211	1.9628
Varianza Fase 2 (mm²)	0.0058	0.0001	0.000017	0.0046
F1-F2 (mm²)	0.4160	0.3549	0.7210	1.9582
% reducción de la varianza	98.61 %	99.95 %	99.99 %	99.76 %

Corrección de la exactitud

Después del análisis de gráficas y tablas de la sección anterior en este apartado se establece cruzar datos para obtener una medición con el parámetro de la exactitud también corregida, de una manera más específica se utilizará el dato de la Tabla 7 de la sección concentrado de datos que corresponden a parámetro de la diferencia entre el promedio de las mediciones con el método de los mínimos cuadrados ya implementado y la medida patrón esperada en cada uno de los 4 sensores, este valor se le suma a al valor de la constante b calculada en la Tabla 8 para cada sensor y con ello se pretende acercar los valores de cada uno de los sensores y así obtener una gráfica que se acerque lo más posible a la recta de las mediciones patrón.

TABLA 8: CORRECCIÓN DE PARAMETROS DE EXACTITUD.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
P = Med. patron (mm)	14	21	20	22
f = Med prom fase 2 (mm)	7.6041	32.84	14.77	11.82
d = P - f (mm)	6.3958	-11.84	5.2268	10.1750
B1 (mm)	7.9305	33.1305	14.6932	12.4142
B2=b1+d (mm)	14.3264	21.2828	19.92	22.58

El parámetro modificado, así como su cálculo se observa más claramente en la tabla anterior, siendo el nuevo valor de la constante b el que se va a corregir e implementar en la ecuación.

Tal como se ve, ahora los resultados están en un formato lineal en cuanto al patrón y muy próximos a la medida real unos con otros.

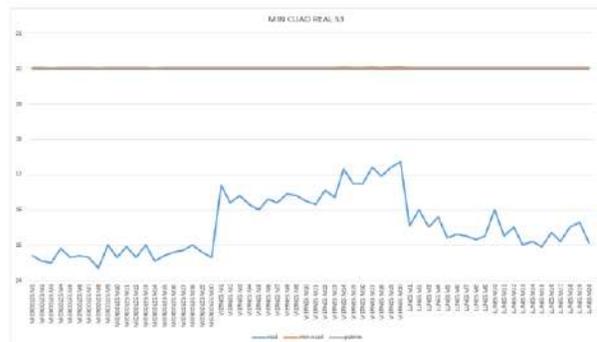


Figura 4: Grafica comparativa resultados medición real vs. método M.C.

Los resultados de la tabla 8, concentrado de promedios fase 3 de la sección anterior se muestran a continuación, aquí se aprecia los datos de los límites superior e inferior de las mediciones corregidas matemáticamente.

TABLA 9: CORRECCIÓN DE PARAMETROS DE VARIANZA.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Promedio de promedios	13.92	20.98	20.0236	22.0625
Max	14.055	21.007	20.035	22.185
Min	13.828	20.9635	20.0145	21.97
Max-min	0.227	0.0435	0.0205	0.2105
Prom- patron	0.079	0.01630	-0.02365	-0.0625
Varianza	0.00585	0.0001	0.000031	0.0046
Porcentaje de error	0.5698	0.0776	-0.118	-0.2840

En la Tabla 9 se observa de una manera más fácil la obtención de resultados finales en cuanto a la exactitud se refiere, se observa el porcentaje de error existente en la primera fase, siendo el caso del sensor 2 el máximo exponente del error contando con un 57.13% de error respecto al patrón de medición, en el menor de los casos el error consistía en un 26.04% para el sensor 3.

TABLA 10: COMPRATIVA DE PORCENTAJES DE EXACTITUD.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Fase 1	47.98 %	57.13 %	26.044 %	47.0211 %
Fase 3	0.5698 %	0.0776 %	0.1182 %	0.2840 %
F1 – F3	47.41 %	57.056 %	25.9263 %	46.7370 %
Porcentaje de reducción	98.8124 %	99.86 %	99.5459 %	99.3958 %

Como se observa en la Tabla 10 los resultados obtenidos con la implementación de este método ahora para el sensor 2 el error se reduce hasta un 0.0776% y en comparación con el error anterior este se redujo en un 99.86%. en el caso con menor exactitud el sensor 1 reduce de un 47.98 % a un 0.56% es decir no alcanza valores ni si quiera cercanos al 1% de error.

Determinación del desgaste de balatas

En lo referente a el objetivo de lograr determinar el desgaste balatas, gracias a la corrección del error en las mediciones mediante el método de los mínimos cuadrados implementado en la programación de este sistema se obtuvo la correcta lectura de la distancia y con ello la determinación del porcentaje de desgaste por balata. Dicho arreglo matemático se observa en la Tabla 11.

TABLA 11: DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE DESGASTE EN BALATAS.

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
Posición de rueda	Del. Derecha	Del. Izquierda	Tras. Derecha	Tras. Izquierda
Medida patron (mm)	14	14	8.5	8.5
Medida con desgaste (mm)	3.5	6	8.5	8.5
Porcentaje de vida util	25 %	43 %	100 %	100 %
Porcentaje de desgaste	75 %	57 %	0 %	0 %

Diseño electrónico

Esta etapa del proyecto es considerada una de las partes cruciales, dado que en base ella se definirá y desarrollará la tecnología y selección del sensor de freno que se vaya a utilizar. Corresponde a los criterios para la utilización de todos los componentes eléctricos y electrónicos del módulo.

En la Figura 5 se observa de manera más clara los componentes electrónicos con los que se plantea cubrir las necesidades específicas de este proyecto.

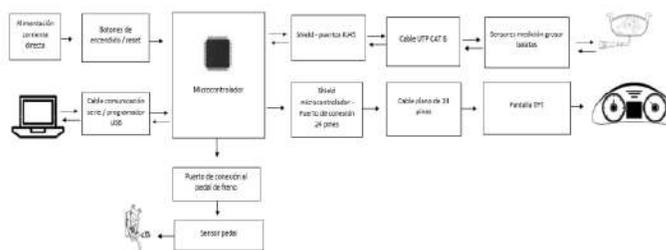


Figura 5: Diagrama eléctrico - electrónico de prototipo

Los circuitos se realizaron en 2 partes o segmentos, la de los sensores y la de la placa de la pantalla, lo anterior para hacer más sencilla la instalación y las pruebas que se le realizaron a cada una de las placas.

Se muestran en la Figura 6 las conexiones del circuito para los sensores, los cuales corresponden a la placa 1. también se incluyeron 2 conectores para la entrada de señal del pedal de freno, uno con conexión Pull-up y el otro en conexión pull-Down. Lo anterior puesto que podía haber más de una opción de funcionamiento a conveniencia del funcionamiento y la programación de la placa.

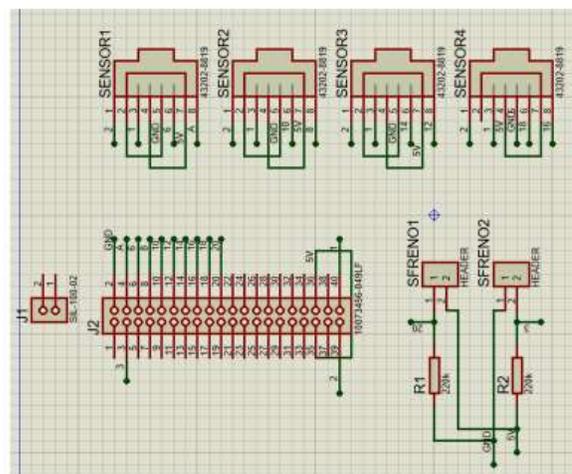


Figura 6: Diseño esquemático de circuito de sensores.

En la figura 7 se muestra la vista layout del circuito en mención

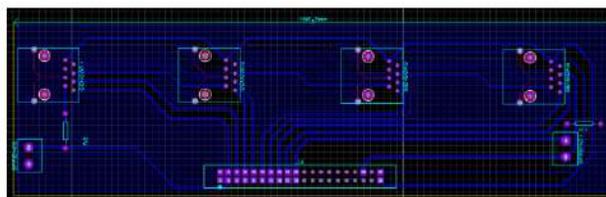


Figura 7: Vista en Layout de circuito para sensores.

Una vez que se realizaron pruebas se colocó la pantalla al centro del lugar para su fijación.

También se realizaron pruebas de sensor de pedal de freno, como se observa en la Figura 8 en conjunto con pruebas de los sensores, una vez que se tienen las placas PCB realizadas se volvieron a realizar pruebas de funcionamiento nuevamente, como se puede observar, haciendo pruebas individuales de funcionamiento por sensor o por tres o los cuatro juntos.



Figura 8: Prueba de circuito pantalla.

Resultados

En la Figura 9 se observa la parte del centro del tablero, en la cual se encuentra el esquema electrónico de funcionamiento, representando a el microprocesador esta una computadora (ECU), a la cual llegan las señales de los sensores de este prototipo, también a un lado del pedal de freno está representado un sensor de posición de pedal de freno, el cual indica al prototipo que cuando este accionado debe tomar la medición del grosor de las balatas, procesar los datos y arrojar un resultado en la pantalla.

Por otro lado, cuenta con los botones de accionamiento concentrados en un módulo gris, ahí encontramos (en orden de izquierda a derecha) el botón de encendido del tablero, el botón de reset del sistema y el botón de encendido del motor eléctrico, por medio del cual se enciende directamente el movimiento en el rotor de freno. Debajo de este módulo se encuentra alojada la salida del cable USB programador, el cual está pensado para obtener procesamiento de datos más complejos a través de la comunicación serial.

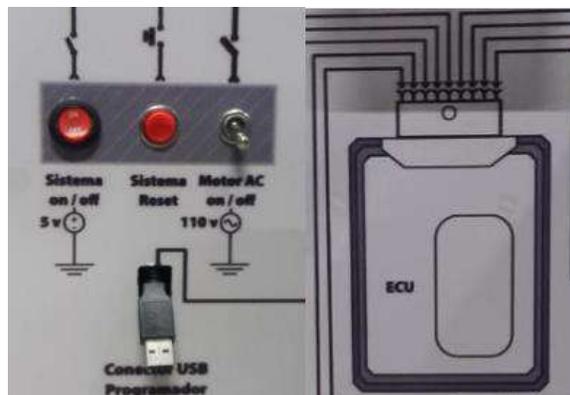


Figura 9: Botonera e ilustración de ECU de prototipo

Como se observa en la Figura 10, la pantalla tiene la función de Interfaz Hombre-Máquina (HMI), aquí el mismo puede observar los resultados de las mediciones, por cada uno de los sensores. Por este medio también se representan las instrucciones de uso.



Figura 10: Tablero con pantalla LCD.

En la pantalla de interfaz HMI se observa los códigos de las variables que se describen a continuación: S1, S2... etc: corresponden al número de sensor del que se está obteniendo la medición.

R: Corresponde al valor de medición real que está obteniendo el sensor en ese momento, es decir el resultado de la medición default que se está efectuando.

Y: se refiere al valor resultado del procesamiento matemático de la medición para corregir el error.

Al tener todo el conjunto de partes y elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos para el funcionamiento de este prototipo, es necesario centrarse en la parte medular de este proyecto, la cual consiste en la medición que realiza el sistema para cada uno de los pares de balatas colocadas.

Conclusiones

Corrección del error de medición

Por parte de este trabajo de investigación se obtienen los siguientes resultados finales por sensor los cuales se enlistan a continuación.

Sensor 1: Varianza 0.0058, Exactitud 99.43%, Precisión ± 0.07977 mm Error 0.5698 %

Sensor 2: Varianza 0.0001745, Exactitud 99.92%, Precisión ± 0.01630 mm Error 0.06765 %

Sensor 3: Varianza 0.00003178, Exactitud 99.88%, Precisión ± 0.02365 mm Error -0.118249%

Sensor 4: Varianza 0.004611, Exactitud 99.71%, Precisión ± 0.0625 mm Error -0.284090%

En la figura 11 se muestra el prototipo con los sensores e interfaz gráfica instalada.



Figura 11: Prototipo

Considerando dichos resultados se deduce que los niveles de precisión y exactitud son por demás aceptables, en lo particular para el caso de este prototipo proporciona medidas fiables para la detección del desgaste de las pastillas de frenos, ya que mediante la corrección del error por medio del uso del método de mínimos cuadrados se logró la hipótesis planteada de obtener valores del error inferiores a un 1%, dichos resultados avalan que el diseño y construcción de este prototipo es funcional y en efecto constituye el fundamento para la experimentación y continuidad de este sistema. En trabajos futuros se verá su aplicación en un vehículo y ver su fiabilidad en un uso práctico, así como las posibles modificaciones que se necesiten.

Referencias

- Arduino (pág. 8). Córdoba: Universidad de Córdoba
- Blog Motor MAPFRE. "Sensores de desgaste de freno: cómo funcionan –canalMOTOR". Blog Motor MAPFRE. Accedido el 20 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-mantenimiento/sensor-desgaste-freno/>
- Chetan C. Harlapur, Priyatamkumar Kadiyala, Ramakrishna S. (2019). Brake pad wear detection using machine learning, International Journal of dvance Research, Ideas and Innovations in Technology, www.IJARIIIT.com.
- Hawai : Atlantic International University Honolulu.
- Herrador, R. E. (2009). Guía de Usuario de Arduino. En R. E. Herrador, Guía de Usuario de
- Higgins, D. T. (2004). Estados Unidos Patente nº US20060042734A1. [8] Creus. A.(2010). Instrumentación industrial. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Kong, M. , Li, D. & Zhang D. (2018)Research on the Application of Improved Least Square Method in Linear Fitting. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 252. Methodist University.
- Peña, D. N. (2008). Microcontroladores arquitectura, programación y aplicación. Honolulu, Pololu Corporation. (15 de enero de 2021). pololu.com. Obtenido de pololu.com: <https://www.pololu.com/product/2490>
- Renan, G.R. (2014). Mínimos cuadrados. San Salvador: Universidad Francisco Gavidia.
- Ruiz, G.G. (2003). Los orígenes del método de mínimos cuadrados. SAMA, Vol. 43,pp 31-37
- S. Ganeshkumar, B. V. Nitishkumar y T. Nishanth Kumar, "A REVIEW ARTICLE ON BRAKE PAD WEAR SENSOR", Int. J. Scientific Res. Eng. Develop., vol. 3, n.º 3, 2020, art. n.º 160.
- Thornton, M. A. (2013). Arduino Microcontroller Processing for Everyone. Southern
- X. He, Z. Wang, Y. Liu and D. H. Zhou, "Least-Squares Fault Detection and Diagnosis for Networked Sensing Systems Using A Direct State Estimation Approach," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 9, no. 3, pp. 1670-1679, Aug. 2013, doi: 10.1109/TII.2013.2251891

Análisis de los procesos de capacitación y desarrollo de medianas y grandes empresas de la Región de Libres: Estrategias implementadas ante contingencias

Sagrario Alejandro-Apolinar¹, Dulce-María Martínez-Ángeles¹, María-Salomé Alejandro-Apolinar²

¹ TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Libres, División de Ingeniería en Gestión Empresarial, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres, Puebla, México.

sagrario.aa@libres.tecnm.mx, dulcema.ma@libres.tecnm.mx

² TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Sección 5ª. Reserva Territorial S/N, Col. Santa Bárbara, CP. 91096, Xalapa, Veracruz, México.

salome.aa@xalapa.tecnm.mx

RESUMEN

Tras la llegada de la pandemia global causada por COVID-19 a finales del año 2019, el mundo entero ha enfrentado el desafío de adaptarse a las demandas del entorno. La actividad empresarial en la Región de Libres no es la excepción y se ha visto obligada a optar por la implementación de estrategias que permitan la capacitación y desarrollo efectivo del capital humano. En el desarrollo de la investigación se analizaron las estrategias implementadas por las empresas medianas y grandes de la Región para hacer frente a contingencias, satisfacer necesidades operativas y mantener la formación profesional de los trabajadores. Se empleó una metodología dinámica que incluyó la revisión documental de bibliografía relacionada con el proceso de capacitación y desarrollo del capital humano. Además, se aplicó una encuesta a una muestra no probabilística del sector empresarial para la obtención la información requerida y se analizó la misma, mediante un enfoque mixto cuantitativo y cualitativo, resultando que el desarrollo profesional o plan de carrera de los colaboradores en una empresa se logran en gran medida gracias a la experiencia obtenida con el paso del tiempo, así como por la capacitación específica que reciba, complementándose mediante cursos formales. Las estrategias de capacitación y desarrollo implementadas son diversas y todas validas pues permiten alcanzar los objetivos propuestos por la organización: Esto ha facilitado que estas empresas continúen operando de manera efectiva dentro del mercado, adaptándose cada día, y en cierto modo, anticipándose a posibles amenazas en un futuro próximo.

Palabras Clave: contingencia, capacitación y desarrollo, capital humano.

Introducción

La presente investigación identifica y analiza las diferentes estrategias que las empresas de la Región de Libres, han implementado en los procesos de capacitación del capital humano ante la presencia de la contingencia, con el objetivo de no solo atender las necesidades de capacitación latentes en la organización, sino también contribuir en la formación profesional de los trabajadores, siguiendo las recomendaciones emitidas por los organismos e instituciones autorizadas.

Para llevar a cabo la investigación, la fundamentación teórica se basa en la administración del personal y recursos humanos, haciendo énfasis en el proceso de capacitación. Se aplicó y analizaron los resultados de una encuesta electrónica a una muestra no probabilística por conveniencia de las empresas de la Región de Libres.

Estos aportes en el ámbito profesional y empresarial generan nuevas perspectivas de comprensión sobre la implementación de estrategias de capacitación del personal, pues nunca antes en el ámbito empresarial se había presentado un escenario de contingencia. Esto permitirá conocer en el futuro como las organizaciones del siglo XXI enfrentaron y lograron seguir adelante. Además, en términos de investigación, permitirá obtener estadísticas y mediciones del impacto generado, qué aspectos de la organización se vieron afectados, que tipo de estrategias se implementaron y como pueden mejorarse.

Por lo tanto, se analizan las dificultades a las que se enfrentaron las empresas de la Región ante la necesidad de distanciamiento social, ya que en juego

no solo estaba la vida de las personas, sino también la permanencia de la propia organización. Se busca resolver la siguiente pregunta: ¿Qué estrategias utilizaron las empresas para llevar a cabo de manera efectiva los procesos de capacitación del capital humano sin poner en riesgo la integridad de los mismos y el crecimiento de la organización?

Esta pregunta abre la puerta para establecer otras preguntas de investigación sobre las cuales se fundamenta: ¿La empresa cuenta con un programa de capacitación de manera periódica?, ¿Qué tipo de capacitación laboral se proporciona en la empresa? ¿Todo el personal de la empresa está considerado dentro del programa de capacitación, sin afectar la operación de la misma? Las respuestas a estas interrogantes permiten analizar como las empresas dieron continuidad a sus programas de capacitación, evidenciando los resultados obtenidos a partir de su implementación.

Contexto Teórico

Empresa

El artículo 16 de la Ley Federal del Trabajo establece que, para los efectos de las normas de trabajo, se entiende por empresa la unidad económica de producción o distribución de bienes o servicios y por establecimiento la unidad técnica que, como sucursal, agencia u otra forma semejante, sea parte integrante y contribuya a la realización de los fines de la empresa. Según García del Junco & Casanueva (2000), autores del libro "Prácticas de la Gestión Empresarial", definen la empresa como una "entidad que, mediante la organización de elementos humanos, materiales, técnicos y financieros proporciona bienes o servicios a cambio de un precio que le permite la reposición de los recursos empleados y la consecución de unos objetivos determinados".

Según Andrade (2015), autor del Diccionario de Economía, la empresa es "aquella entidad formada con un capital social, que aparte del propio trabajo de su promotor, puede contratar a un cierto número de trabajadores. Su propósito lucrativo se traduce en actividades industriales y mercantiles, o la prestación de servicios".

Capital humano

Según Chiavenato (2019), el capital más valioso radica en las personas, sus talentos y competencias (habilidades). La competencia de una persona se define

como su capacidad para actuar en diversas situaciones y crear activos, tanto tangibles como intangibles. Para ello, se requiere una plataforma que sirva de base y un clima que impulse a las personas y aproveche sus talentos. De este modo, el capital humano se compone principalmente del talento y las competencias de las personas. Para su pleno aprovechamiento, se necesita una estructura organizacional adecuada y una cultura democrática e impulsora.

El conocimiento es fundamental en este conjunto. Mientras el capital físico se deprecia con el uso, el valor del conocimiento continúa aumentando. El conocimiento de una persona no disminuye, sino que se complementa con el de los demás. Para incrementar su capital intelectual, las organizaciones están evolucionando hacia verdaderas organizaciones de conocimiento o agencias de aprendizaje y conocimiento. ¿Por qué?: Para transformar la información en conocimiento rentable, mediante su procesamiento en nuevos productos, servicios, procesos internos, nuevas soluciones innovadoras y, sobre todo, mediante la promoción de la creatividad y la innovación.

Muchos autores ya han descrito el entorno laboral futuro, algunos lo llaman "tercera ola", la "sociedad de la información", "la sociedad del conocimiento" o la "era poscapitalista". Quizás la era virtual o del conocimiento se caracterice por la presencia de máquinas inteligentes y la irracionalidad. En cualquier caso, hoy en día, el conocimiento constituye el recurso productivo más importante de las organizaciones, y la tendencia es que cobre cada vez más importancia para el éxito de estas.

Contingencia

Es un acontecimiento que se presenta sorpresivamente y que puede poner en peligro la salud, la vida de las personas y la infraestructura existente.

La Teoría de la Contingencia concibe que las organizaciones funcionan como sistemas abiertos cuya supervivencia se halla sujeta al logro de un delicado equilibrio dinámico interno externo.

Las compañías vivientes aprenden en todo momento. El aprendizaje comienza con la habilidad para prever cuando un cambio se avecina. Esto implica que la compañía debe estar consciente de todas las fuerzas que puedan afectarle, y ser capaz de adaptarse a ellas. (De Geus, 2012)

Capacitación y Desarrollo

“Diversos estudios de la American Society for Training and Development demuestran que toda cantidad que se invierte en capacitación y desarrollo genera ingresos equivalentes a tres veces el monto original” (Henkoff, 1992).

Aunque la capacitación auxilia a los miembros de la organización a desempeñar su trabajo actual, sus beneficios pueden prolongarse a toda su vida laboral y pueden contribuir al desarrollo de esa persona para cumplir futuras responsabilidades. Las actividades de desarrollo, por otra parte, ayudan al individuo en el manejo de responsabilidades futuras, independientemente de las actuales. Como resultado de esta situación, la diferencia entre capacitación y desarrollo no siempre es muy clara o nítida. Muchos programas que se inician sólo para capacitar a un empleado concluyen ayudándolo a su desarrollo e incrementando su potencial como empleado de nivel ejecutivo.

Capacitación

Es el proceso de modificar sistemáticamente el comportamiento de los empleados con el propósito de que alcancen los objetivos de la organización. La capacitación se relaciona con las habilidades y las capacidades que exige el puesto. Su orientación pretende ayudar a los empleados a utilizar sus principales habilidades y capacidades para poder alcanzar el éxito.

Es la experiencia aprendida que produce un cambio relativamente permanente en un individuo y mejora su capacidad para desempeñar un trabajo. Implica un cambio de habilidades, conocimientos, actitudes o comportamientos. Esto significa cambiar aquello que los empleados conocen, su forma de trabajar, sus actitudes ante su trabajo o sus interacciones con los colegas o los supervisores.

Es el proceso educativo de corto plazo, que se aplica de manera sistemática y organizada, y que permite a las personas aprender conocimientos, actitudes y competencias en función de objetivos definidos previamente. (Chiavenato, 2015)

Beneficios de la capacitación de los empleados

- Conduce a una mayor rentabilidad más alta y a actitudes más positivas, lo que resulta en un aumento de la productividad y la calidad del trabajo.

- Mejora el conocimiento del puesto a todos los niveles.
 - Ayuda al personal a identificarse con los objetivos de la organización.
 - Fomenta la autenticidad, la apertura y la confianza.
 - Mejora la relación jefes-subordinados.
 - Proporciona información respecto a necesidades futuras en todos los niveles.
 - Agiliza la toma de decisiones y la solución de problemas.
 - Promueve el desarrollo con miras a la promoción.
 - Contribuye a la formación de líderes y dirigentes.
- (Werther y Davis 2008, p.183)

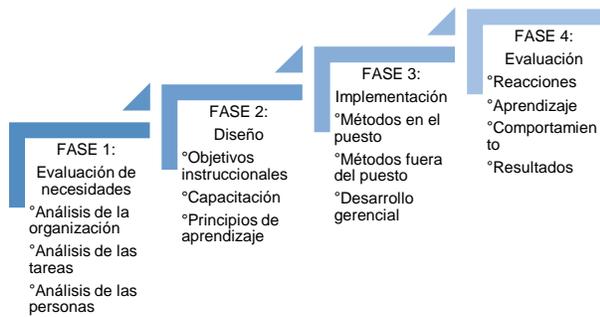
Proceso estratégico de la capacitación

La capacitación es un proceso cíclico y continuo que comprende por cuatro fases:

1. Evaluación de necesidades o diagnóstico: consiste en realizar un inventario de las necesidades o las carencias de capacitación que deben ser atendidas o satisfechas. Estas necesidades pueden ser pasadas, presentes o futuras.
2. Diseño: implica preparar el proyecto o programa de capacitación para abordar las necesidades diagnosticadas.
3. Implementación o implantación: significa ejecutar y dirigir el programa de capacitación.
4. Evaluación: consiste en revisar los resultados que generó la capacitación.

En realidad, estas cuatro fases de capacitación implican el diagnóstico de las carencias, la decisión sobre la estrategia para abordar la solución, la implementación de la acción y la evaluación y el control de los resultados de las acciones de la capacitación. No obstante, el proceso de capacitación debe ser considerado con cautela, ya que puede convertirse en un círculo vicioso. Si se descuida la capacitación necesaria, se regresaría a la etapa inicial, dado que fue concebida para los tiempos de la era industrial. En la actualidad, en tiempos de cambio e innovación, en la nueva era de la información y en la era digital, es necesario aumentar las nuevas habilidades y competencias para garantizar la supervivencia y la competitividad de la organización en el futuro, teniendo en cuenta no solo las necesidades de capacitación actuales, sino también las necesidades futuras.

Figura 1. Proceso estratégico de la capacitación



Nota: La figura 1 indica las fases del proceso estratégico de capacitación. Fuente: Bohlander (2012).

Técnicas/ métodos de capacitación

Antes de abordar los diversos métodos de capacitación y desarrollo que existen, es importante recordar que cualquiera de ellos puede utilizarse tanto para capacitación como para desarrollo. Al seleccionar una técnica específica, deben considerarse varios factores. Ninguna técnica es siempre la mejor; el método óptimo depende de:

1. La efectividad respecto al costo.
 2. El contenido del programa.
 3. La idoneidad de las instalaciones con que se cuenta.
 4. Las preferencias y la capacidad de las personas que recibirán el curso.
 5. Las preferencias y la capacidad del capacitador.
 6. Los principios de aprendizaje a emplear.
- La importancia de estos seis puntos depende de cada situación y de la filosofía de la organización.

Algunos métodos o técnicas aplicadas son las siguientes:

En el sitio de trabajo:

- Capacitación en el puesto (OJT)
- Rotación de puestos
- Capacitación de aprendizaje práctico
- Capacitación cooperativa, prácticas profesionales y capacitación gubernamental
- Instrucción en el aula
-

Fuera del sitio de trabajo:

- Métodos audiovisuales (videos, películas, etc.)
- Método de simulación
- Enseñanza programada
- E-learning
- Sistemas de administración del aprendizaje

- Seminarios y conferencias
- Estudios de caso
- Juegos de negocios y simulaciones
- Desempeño o juego de roles

Existe una amplia variedad de métodos y técnicas para capacitar empleados en todos los niveles. Algunos tienen un largo historial de aplicación, mientras que otros han surgido en años recientes debido a avances en la tecnología y en prácticas educativas.

En el transcurso de los años, se han desarrollado nuevos métodos a partir de una mejor comprensión del comportamiento humano, especialmente en áreas de aprendizaje, motivación y relaciones interpersonales. Recientemente, los avances tecnológicos, en hardware, software, internet y dispositivos móviles han dado lugar a métodos de capacitación que, en muchos casos, son más eficaces y económicos que los métodos tradicionales. Con la reciente necesidad de aplicar un distanciamiento social, estos métodos han sido de gran utilidad para mantener la continuidad de las actividades de la organización.

Materiales y métodos

La metodología de esta investigación se diseñó siguiendo la estructura de un estudio con enfoque documental, descriptivo, cualitativo y cuantitativo.

Instrumento de investigación

Para la investigación, se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, que dependió en gran medida de la disposición participativa de las empresas.

Análisis estadístico

El enfoque de la investigación es mixto, ya que combina el análisis cuantitativo y cualitativo de la información obtenida a partir de la aplicación de la encuesta online mediante la herramienta Google Forms, así como también de las entrevistas presenciales que algunas empresas concedieron para obtener mayor información sobre el tema de estudio, permitiendo conocer a detalle las estrategias que las empresas utilizaron para llevar a cabo sus procesos de capacitación y desarrollo ante contingencias.

Siguiendo este enfoque en la investigación, se encontró que el número de unidades económicas en la Región de Libres, Puebla, es de 10,003, de las cuales un 99% son MIPYMES que regularmente no cuentan con un programa de capacitación, Según estadísticas del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (DENUE-INEGI, 2021). Como resultado del análisis de la

información consultada, en la tabla 1 se ilustra el número de unidades económicas en la Región de Libres, Puebla, clasificadas de acuerdo a cada municipio que la conforman.

Del mismo modo, siguiendo las mediciones estadísticas y los resultados obtenidos en la investigación realizada por Martínez Ángeles en el apartado 4.6 “Capacitación” (2019, p. 54, 55), donde se afirma que las actividades relacionadas con el desarrollo del capital humano de las organizaciones inciden de manera positiva en el crecimiento y desarrollo de las mismas, se logra denotar que solo el 43% principalmente entre las empresas medianas y grandes, llevan a cabo procesos de capacitación y desarrollo del capital humano, dirigidos preferentemente a reafirmar conocimientos y habilidades, Seguridad e higiene en el trabajo, motivación, entre otros.

Tomando como referencia lo anterior, así como la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), que indica que en la Región de Libres se encuentran 65 entidades económicas integradas por más de 30 colaboradores, se llevó a cabo la recopilación de los datos de estas empresas con el objetivo de establecer contacto directo y aplicar la encuesta para obtener la información requerida respecto a las estrategias de capacitación y desarrollo de su capital humano ante la contingencia.

Tabla 1. Número de empresas de la Región de Libres.

MUNICIPIO	NÚMERO ENTIDADES ECONÓMICAS	DE MIPYMES	MEDIANAS Y GRANDES
Libres	2,274	2,261	13
Oriental	761	754	7
Ocoatepec	107	107	0
Cuyuaco	473	468	5
Tepeyahualco	534	527	7
San Salvador El Seco	2,500	2,493	7
Rafael Lara Grajales	1,428	1,420	8
San José Chapa	360	349	11
Nopalucan	1,032	1,027	5
Soltepec	438	437	1
Mazapiltepec De Juárez	96	95	1
Total	10,003	9,938	65

Nota: Información obtenida del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Se incluyen las actividades económicas del sector salud, educativo, actividades legislativas y gubernamentales.

Resultados y Discusión

El desarrollo de la investigación llevo a la obtención de información relevante sobre las estrategias de capacitación y desarrollo implementadas por las empresas medianas y grandes de la Región de Libres, Puebla, ante la presencia de la contingencia sanitaria. Dentro de esta información, podemos encontrar desde cuál es el tipo de capacitación para el trabajo que brindan las empresas de la Ciudad, y bajo qué parámetros se guían para implementar precisamente ese tipo de capacitación. Así como la identificación de aquellos aspectos de la organización que fueron impactados con la aplicación de las estrategias implementadas, permitiendo conocer a la misma, aquellas áreas en las que debe hacer mayor énfasis.

20 de las 65 empresas que contribuyeron con su respuesta a la encuesta online pertenecen a los siguientes sectores productivos:

- Agroindustria
- Industriales
- Financieros
- Comerciales
- Servicios
- Otros

Figura 2. Sector de las entidades económicas de la Región de Libres

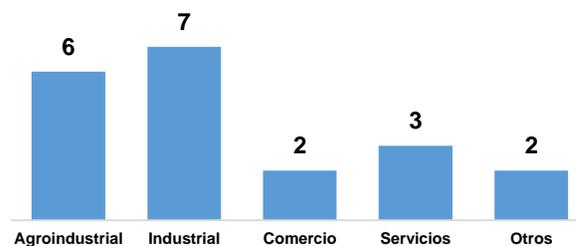
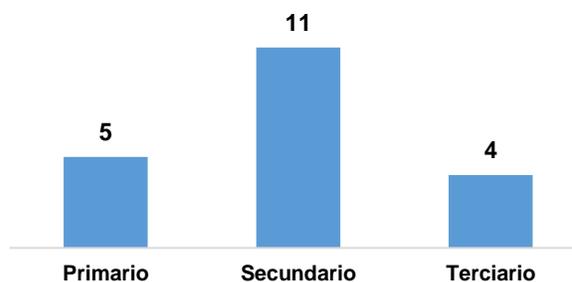


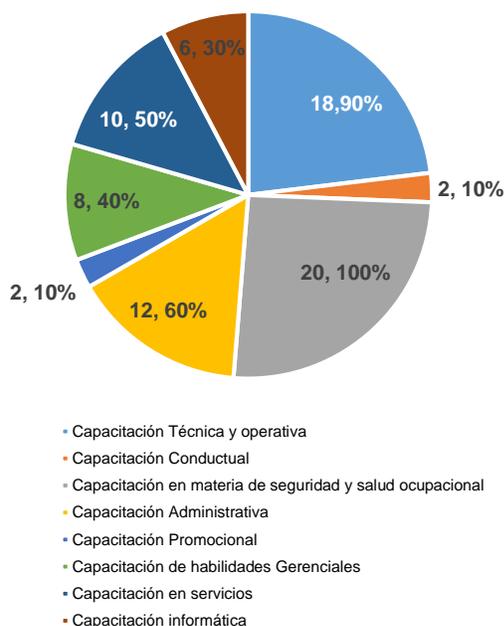
Figura 3. Actividad empresarial de las entidades económicas



Nota: Las gráficas representan el sector y actividad empresarial de las entidades encuestadas para la investigación. Fuente: Elaboración propia

Las empresas cuentan con un programa de capacitación y desarrollo de personal el cual implementan de manera periódica. Lo que indica que han logrado establecer una cultura de cumplimiento corporativo en la organización respecto al tema de la capacitación. Los tipos de capacitación que brinda la empresa varían en torno a las necesidades y giro comercial de la misma. Aunque en su mayoría se hace énfasis en la capacitación de seguridad y salud ocupacional, seguida de la técnica y operativa, habilidades gerenciales, administrativas, informáticas, en servicios, promocionales y conductuales.

Figura 4. Tipo de capacitación que se imparte en las entidades económicas



Nota: Las empresas medianas y grandes consideran de vital importancia la capacitación en materia de seguridad y salud ocupacional, seguida de la formación técnica y operativa.

En la Figura 4, en primer lugar, se observa que el 100% de las empresas encuestadas continuaron con la implementación de sus programas de capacitación y desarrollo, a pesar de la presencia de la contingencia sanitaria, incluyendo a todo el personal. Estas empresas consideran que la capacitación en todos los niveles es de vital importancia para el buen funcionamiento de cada proceso dentro de la organización. Se abordan aspectos como: Adquisición de conocimientos

específicos para el desempeño del puesto, estandarización de procesos, reducción de tiempos muertos y desperdicios, mejora de la calidad del producto o servicio, y desarrollo profesional de los colaboradores, entre otros. La mayoría de las empresas coinciden en que, si no llevan a cabo el proceso de capacitación, esto afectaría significativamente la disminución de la productividad, la rotación o pérdida constante del personal, o incluso la falta de aplicación de conocimientos debido a la falta de motivación o integración. Cabe recalcar que el 93% de las empresas encuestadas indica que la eficiencia y efectividad de las estrategias utilizadas fue buena o al menos cumplió con las necesidades de capacitación requeridas.

Estrategias implementadas

Las estrategias que las empresas de la Región implementaron para dar continuidad al proceso de capacitación fueron las siguientes:

- Capacitación en línea de forma interna el 100%
- Capacitación en plataformas externas el 30%
- Capacitación presencial con las medidas de seguridad el 50%: dirigida principalmente a las siguientes actividades:
 - Capacitación en el puesto (OJT)
 - Capacitación de aprendizaje práctico

La estrategia de seguir con la capacitación presencial, fue utilizada por aquellas empresas que realizan principalmente un proceso de producción a nivel operativo, ya que las actividades a realizar son específicas y requieren que la persona en el puesto conozca a detalle sus actividades para evitar que se cometan errores o accidentes laborales. Para llevar a cabo este tipo de capacitación, las empresas tuvieron que reducir al mínimo posible el número de personas asistentes a cada curso, practicar el distanciamiento social, ventilar las áreas de manera constante y solicitar al personal el uso de cubrebocas y gel antibacterial. Algunas empresas solicitaron el préstamo de aulas a instituciones escolares para poder impartir la capacitación, ya que no contaban con los espacios necesarios.

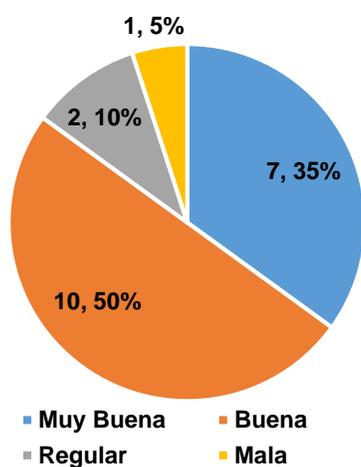
Esta capacitación se realizó mediante:

- ☑ Método de simulación
- ☑ Enseñanza programada
- ☑ E-learning
- ☑ Métodos audiovisuales (videos, películas, etc.)

Para el caso de la capacitación en línea de forma interna, el uso de las TIC's, ha sido de gran relevancia para sobrellevar contingencias, ya que ha permitido la fluidez de la comunicación mediante el uso de los diversos dispositivos electrónicos disponibles en la actualidad. Las empresas hicieron uso de plataformas y aplicaciones como Google Meet, Zoom, WhatsApp, entre otras, para llevar a cabo el desarrollo de sus programas de capacitación de manera segura, permitiendo a sus colaboradores tomar estos cursos desde la comodidad de su área de trabajo e incluso de su hogar durante la cuarentena.

Se logró identificar que hay empresas que implementaron cursos en plataformas propias, es decir, ya contaban con la infraestructura necesaria para realizar capacitación en línea e intercambio de información. Éstas son principalmente las empresas grandes que poseen el capital suficiente para adoptar este tipo de infraestructura de comunicación, lo cual, lejos de ser un lujo, pasó a ser una práctica habitual ante la necesidad por tener una red de trabajadores bastante amplia. Por otro lado, otras empresas hacen uso de la capacitación externa; contratando a terceros para capacitar a su personal principalmente en línea; indicando la mayoría que han quedado satisfechos al alcanzar los resultados deseados, puesto que antes de hacer esta contratación, siempre hacen una búsqueda exhaustiva que lleve a la mejor opción.

Figura 5. Percepción de las estrategias implementadas



Nota: El gráfico indica la percepción de ¿Qué tan efectiva y eficiente fue la estrategia implementada en materia de capacitación?

Finalmente, es necesario hacer énfasis en aquellos aspectos de la organización que fueron impactados con

las estrategias implementadas, respecto a los procesos de capacitación y desarrollo del capital humano en la Región de Libres, Puebla. Éstos recaen principalmente en el desarrollo y la productividad del personal; mantener la implementación de medidas en materia de seguridad y salud ocupacional; la calidad en el servicio; el liderazgo y la motivación, llevando así a la organización al cumplimiento de su misión.

Sin embargo, es importante citar que al cuestionar si la capacitación es una herramienta que fortalece a la organización, y de no realizarse, traería consigo problemas operativos y el ¿por qué?, las respuestas fueron muy interesantes, como, por ejemplo:

La dinámica del mercado es muy fuerte y es crucial mantenerse actualizados.

Siempre es importante la capacitación, ya que es necesario mantenerse al día. Traería problemas porque no todos entienden lo mismo y no se homologa el trabajo entre el personal. Esto puede resultar en tiempos muertos, desperdicios y en la calidad del producto. Es esencial capacitar al personal para que sepan cómo trabajar y realizar correctamente sus tareas. Si tenemos personal que no cuenta con experiencia en el área, podrían realizar incorrectamente un proceso. Definitivamente, la falta de capacitación no ayuda al crecimiento de la organización.

La capacitación es una herramienta excelente que promueve el desarrollo profesional de los colaboradores. También sería beneficioso refrescar conocimientos técnicos para mantenernos actualizados y mejorar la producción.

Conclusiones

Derivado de la metodología aplicada para la realización de esta investigación y del análisis de los resultados obtenidos de la encuesta en línea desarrollada a través de la plataforma Google Forms, titulada “Análisis de los procesos de capacitación y desarrollo de las empresas de la Región de Libres, Puebla ante contingencias”, se identificaron las estrategias específicas utilizadas para capacitar al personal, teniendo en cuenta las necesidades y circunstancias del entorno. Además, se identificaron los aspectos de la organización que se vieron significativamente afectados. Cuando se cuestionó si la capacitación podría generar algún tipo

de problemática para la organización, se indicó que podría haber pérdida de recursos monetarios en aspectos productivos, una rotación constante de empleados y, aunque la problemática más fuerte enfrentada fue el incremento en los costos de capacitación, especialmente en la modalidad presencial al tener que disminuir el número de participantes, se reconoció que el costo-beneficio permitió a la organización mantener su pertenencia y permanencia en el mercado.

De acuerdo con la Asociación Society for Training and Development (ASTD), destaca las principales tendencias de capacitación y desarrollo utilizadas por las organizaciones hoy en día:

1. El aprendizaje como estrategia empresarial: las organizaciones que aprenden bien y rápido, y que colocan la gestión humana en un nivel realmente estratégico, alcanzan mayores logros en los negocios que aquellas que no lo hacen.

2. El e-learning: la tecnología de la información ha derribado las barreras, los costos, los horarios y los límites del aula tradicional, expandiendo e influyendo ostensiblemente en las acciones de capacitación.

3. La capacitación como consultoría del desempeño: en lugar de enfocarse en las actividades (lo que hacen las personas), la capacitación se enfoca en los problemas de desempeño de los colaboradores, los equipos y la empresa (los resultados que alcanzan). Constituye uno de los medios más poderosos para aumentar las competencias y los resultados del negocio.

De manera específica, logramos identificar la relevancia que tuvo la implementación de la técnica de e-learning y el uso de las tecnologías de la información, ya que el 100% de las empresas encuestadas hizo uso de la infraestructura tecnológica disponible en la actualidad. Esto permitió a las organizaciones contar con una capacitación a distancia, administrando así los costos generados por concepto de capacitación y permitiendo a los colaboradores adaptarse a los horarios, salvaguardando su salud y seguridad, entre otras ventajas. Con ello, se cumple el propósito de aumentar la competitividad y productividad empresarial.

Con esta investigación, se espera aportar información relevante que sirva como referencia a otros investigadores para la realización de investigaciones futuras relacionadas con el conocimiento de las estrategias que las organizaciones de la Región de

Libres, Puebla, implementan para llevar a cabo sus procesos de capacitación y desarrollo de personal. El desarrollo científico del trabajo se fundamenta principalmente en la recopilación y análisis de la información obtenida a partir de la aplicación de encuestas, tanto en línea como presenciales, lo cual es consistente y aumenta la comprensión temática de la investigación.

Referencias

- Andrade, S. (2015). Diccionario de Economía. Edición R/15: Andrade.
- Bohlander, G. S. (2018). Administración de Recursos Humanos. Ciudad de México.
- Chiavenato, I. (2015). Administración de Recursos Humanos. Ciudad de México: McGraw-Hill
- Chiavenato, I. (2019). Gestión del talento humano. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- De Geus, A. (2012). La empresa viviente, Hábitos para Sobrevivir en un Ambiente De Negocios Turbulento. Estados Unidos: Granica.
- García del Junco, J., & Casanova Rocha, C. (2000). Prácticas de la Gestión Empresarial. España: McGraw-Hill.
- Werther, W. y Davis, K. (2008): Administración de Recursos Humanos. Gestión del capital humano, 7 ed. México DF: Editorial McGraw-Hill

Acrónimos

- ASTD=Association Society for Training and Development
- DENUE= Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
- OJT= Capacitación en el puesto, siglas en inglés

Currículo corto de los autores

Sagrario Alejandro Apolinar

Maestra en Ciencias de la Administración por el Centro de Posgrado en Administración e Informática de la Universidad Von Humboldt A.C. en 2005, y en Finanzas por la Universidad LA SALLE, A.C. Docente del Instituto Tecnológico Superior de Libres, adscrita a la academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, y miembro del

Cuerpo Académico ITSLIBRES-CA-2 "Gestión e Innovación de Procesos Económico-Administrativo para el Desarrollo Regional".

Dulce María Martínez Ángeles

Doctora en Estudios Sociales, Línea Economía Social por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa en 2016. Docente del Instituto Tecnológico Superior de Libres, adscrita a la academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, y responsable del Cuerpo Académico ITSLIBRES-CA-2 "Gestión e Innovación de Procesos Económico-Administrativo para el Desarrollo Regional".

María Salomé Alejandre Apolinar

Profesor Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, miembro del Cuerpo Académico ITSXAL-CA-4 "Ingeniería e Innovación Sustentable", cuenta con Perfil Deseable (PRODEP) y es miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores. Posee una Maestría en Tecnología Educativa y un Doctorado en Ingeniería. Está adscrita al programa académico de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a la egresada del ITSLibres Ana Lisette Espinoza Carpintero por su aportación a la investigación.



Ensayos de producción de Huitlacoche (*Ustilago maydis*) en maíces criollos, de la región de Libres, Puebla

Martha Hernández-Luna ¹, Roberto Rojas-Pozos

¹ TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Libres, División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres Puebla., México.

martha.hl@libres.tecnm.mx

RESUMEN

Ustilago maydis, mejor conocido en México como huitlacoche, es un hongo patógeno que infecta al maíz. Es una fuente de alimento que, por su sabor peculiar, se ha convertido en un platillo exótico de fama internacional, además de su importancia nutricional por el contenido de aminoácidos. Se han tratado de desarrollar modelos de producción que permitan abastecer la demanda nacional e internacional. El objetivo de este trabajo fue reproducir el hongo de huitlacoche (*Ustilago maydis*) en materiales criollos de la región del Municipio de Libres, Puebla. El

experimento se llevó a cabo en una parcela experimental del Instituto Tecnológico Superior de Libres, Puebla, con una población de 83,333 pl·ha⁻¹. Los resultados arrojaron que la variedad con mayor Porcentaje de Incidencia (PI) al *Ustilago maydis* fue el maíz criollo blanco, con un PI de 26.21%, con una producción aproximada de 4.87 Ton/Ha.

Palabras Clave: *Ustilago*, maíz, criollos, hongo.

Introducción

El huitlacoche o cuitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) considerado como caviar o trufa mexicana es un hongo parasito que infecta principalmente a los granos del cultivo de maíz. El hongo se obtiene de plantas susceptibles y se desarrolla en la mazorca, hojas, tallo y en raíces aéreas (Agrios, 2005). En ensayos experimentales y comerciales a cielo abierto, los mejores rendimientos se obtienen cuando se inocula la mazorca en etapa de jilote, alcanzándose hasta 12 t·ha⁻¹ de hongo fresco (Martínez-Martínez et al., 2000).

La producción inducida de huitlacoche requiere que el cultivo de maíz sea susceptible al hongo, que la cepa del hongo sea lo suficientemente virulenta y que se desarrolle en un ambiente adecuado, esto es: con un 80-85 % de humedad relativa y una temperatura de 16-32 °C (Villanueva et al., 2007; Martínez Martínez et al., 2000). Para llevar a cabo la evaluación de diferentes variedades de maíz con fines de producción de huitlacoche, se requiere realizar la infección con dicho patógeno de las diferentes variedades y esto permitirá determinar la susceptibilidad de cada variedad ante el patógeno mencionado. Estableciendo el cultivo de maíz y realizando la infección con el patógeno en las condiciones ambientales adecuadas se pueden obtener incrementos en la producción del mismo cultivo.

La SAGARPA indica que la producción de huitlacoche en Puebla se encuentra en los municipios de Huaquechula, Acatlán de Osorio y Atlixco principalmente, municipios en los que se tienen las condiciones más favorables para el desarrollo del hongo.

Debido a que el Municipio de Libres, Puebla es una zona conocida por su amplio desarrollo agrícola, donde en la actualidad cuenta con 14,755 hectáreas de cultivo, de las cuales 5,810 son destinadas al cultivo de maíz (INEGI, 2010). Con dichos datos se vislumbra que el 40% de la superficie cultivada es de maíz, por lo que sus altos costos de producción hacen que día a día los productores busquen alternativas donde se aproveche dicho cultivo y se genere así más ganancia económica en la población.

Por lo anterior, surge la propuesta de realizar un proyecto donde se vea involucrado el cultivo de maíz. Un proyecto que cubre estas necesidades y el fin mencionado involucra a una de las enfermedades que se genera en la plantación de maíz, esta enfermedad es la llamada como hongo de huitlacoche (*Ustilago*

maydis), este hongo presenta una doble característica, ya que puede causar pérdidas en el rendimiento del cultivo y por otro lado, en algunas partes del centro y sur de México es usado como alimento.

Dadas las actividades económicas de la región se plantea realizar ensayos en la producción de Huitlacoche (*ustilago maydis*) con el objetivo de ofrecer a los productores de maíz opciones productivas en las que ellos logren obtener un mayor ingreso económico.

Debido a que el Municipio de Libres, Puebla es una zona conocida por su amplio desarrollo agrícola, donde en la actualidad cuenta con 14,755 hectáreas de cultivo, de las cuales 5,810 son destinadas al cultivo de maíz (INEGI, 2011). Con dichos datos, se vislumbra que el 40% de la superficie cultivada es de maíz, por lo que sus altos costos de producción hacen que día a día los productores busquen alternativas donde se aproveche dicho cultivo y se genere así más ganancia económica en la población.

Surge la propuesta de realizar un proyecto donde se vea involucrado el cultivo de maíz. Un proyecto que cubre estas necesidades y el fin mencionado involucra a una de las enfermedades que se genera en la plantación de maíz, esta enfermedad es la llamada como hongo de huitlacoche (*Ustilago maydis*), este hongo presenta una doble característica, ya que puede causar pérdidas en el rendimiento del cultivo y por otro lado, en algunas partes del centro y sur de México es usado como alimento (Chavez-Ontiveros et al., 2000).

Metodología

Materia prima

Se realizó la recolección de basidiosporas de *Ustilago maydis* en parcelas de maíz con productores de la región, en plantas sanas que se encontraran en condiciones ambientales similares a las del municipio de Libres, Puebla.

Establecimiento del cultivo

La parcela se estable en el Instituto Tecnológico Superior de Libres, en el área de parcelas, a un lado de los invernaderos (Figura 1).

Se llevó a cabo la preparación del terreno; se removió el suelo, pero sin ser volteado para evitar dañar su estructura, se eliminaron por completo las malezas, para posteriormente establecer el cultivo de maíz con sus diferentes variedades.



Figura 1. Parcela experimental ubicada en el ITSL

El día 11 de julio del 2014 se estableció la parcela en la cual se ubicaron tres variedades de maíz criollo (azul, amarillo y blanco), mismas que se realizó de forma manual depositando una semilla por golpe a su separación entre plantas de 20 cm y una separación entre surcos de 60 cm.

Manejo del cultivo

Se realizaron riegos periódicos de manera tal, que el cultivo tuviera la humedad necesaria para su adecuado desarrollo. Se realizó una fertilización a base de una fuente nitrogenada (fosfonitrato 33-03-00), esto de acuerdo con el paquete tecnológico de maíz para riego recomendado por INIFAP, además de realizar deshierbes de forma manual.

Proceso de inoculación

El inóculo se preparó al ajustar en agua destilada estéril a una concentración de 106 esporidias·ml⁻¹. Con los cuidados dados a la plantación de las tres variedades de maíz, se generó que la planta creciera y se desarrollara adecuadamente; así el día 17 de septiembre algunas plantas ya tenían las condiciones requeridas para iniciar el proceso de inoculación de huitlacoche, según el método sugerido por Villanueva (Villanueva et al., 2007). Durante el periodo de infección, la temperatura se encontraba entre 26 y 32 °C y la humedad relativa alrededor de 30 - 70 %, esta debido a los riegos realizados y a las condiciones ambientales.

Caracteres estudiados

De acuerdo a la metodología sugerida por Villanueva en 2007, se utilizan: Porcentaje de Incidencia (PI), índice de severidad (ISE; porcentaje del elote cubierto por agallas de huitlacoche) que es el porcentaje de la mazorca cubierta por agallas, rendimiento promedio por planta inoculada (RPLINC; kg).

Tabla 1. Proporción de la mazorca (%) cubierta por agallas según la categoría de severidad

Categoría	Proporción de la mazorca cubierta por agallas (%)
SEV1	0
SEV2	(0.1 - 24.9)
SEV3	(25 - 49.9)
SEV4	(50 - 75)
SEV5	(75.1 - 100)

La medición de severidad (SEV), consideró la proporción del elote cubierto con las agallas del hongo según el procedimiento indicado por Villanueva y sirvió de base para calcular el índice de severidad (ISE; porcentaje del elote cubierto por agallas de huitlacoche).

El porcentaje de incidencia (PI) se obtuvo de dividir el total de elotes infectados en la parcela entre el total de elotes inoculados y multiplicado por 100.

El rendimiento promedio por planta inoculada (RPLINC; kg), se obtuvo del total de agallas sin elote por las plantas cosechadas entre el número de plantas infectadas.

Resultados

Cosecha de huitlacoche

El resultado final de monitoreo se llevó a cabo el día 27 de octubre, este día se realizó el corte de la cosecha de la plantación, donde se tomaron los datos de porcentaje de elote cubierto por agallas de huitlacoche. Con los datos obtenidos se realizó la medición de severidad (SEV) y de acuerdo a la tabla 2, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 2. Índice de severidad

MAÍZ AZUL	MAÍZ BLANCO	MAÍZ AMARILLO
24.68	26.21	4.71
SEV 2	SEV3	SEV2

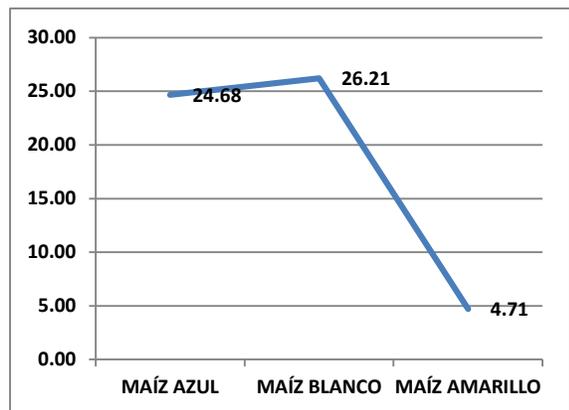


Figura 2. Graficación del índice de severidad

Rendimiento promedio por planta inoculada (RPLINC; kg)

Se realizó la cosecha de las plantas infectadas (Figura 3).



Figura 3. Rendimiento por planta de huitlacoche

Se midió la masa de las agallas huitlacoche con una microbalanza analítica, con y sin olote, obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 3):

Tabla 3. Rendimiento promedio por planta inoculada (RPLINC)

VARIEDAD	MAÍZ AZUL	MAÍZ BLANCO	MAÍZ AMARILLO
RENDIMIENTO PROMEDIO (kg)	0,042	0,049	0,0017

Con los datos obtenidos se analizó el rendimiento en kg por planta mostrando que la variedad de maíz blanco criollo fue la que mayor rendimiento obtuvo (Figura 4).

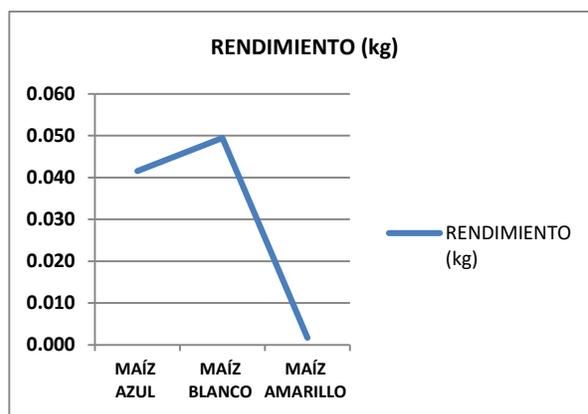


Figura 4. Rendimiento en kg por planta

Porcentaje de plantas infectadas por variedad de maíz (PPLINF)

Se tomaron los datos en las tres variedades de maíz criollo establecidas en donde se determinó el porcentaje de plantas infectadas por cada uno de los tratamientos establecidos, mismos que se muestran en la tabla 4 y figura 5.

Tabla 4. Porcentaje de plantas infectadas

Maíz Blanco	Maíz azul	Maíz amarillo
50	61	14,3

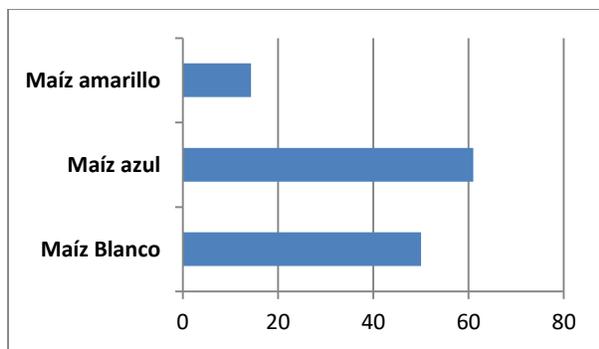


Figura 5. Porcentaje de plantas infectadas por variedad (PPLINF).

Tabla 5. Análisis de varianza

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Maíz azul	30	2,3670	0,078902	0,05025
Maíz blanco	30	2,8185	0,093951	0,06306
Maíz amarillo	30	0,0982	0,003276	9,1E-05

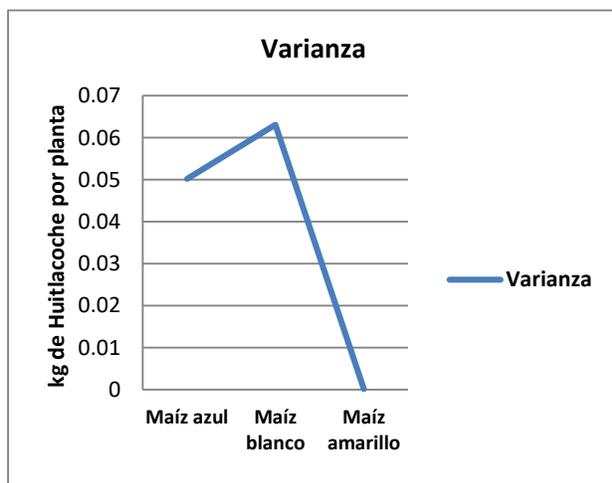


Figura 6. Varianza en las medias del peso de las agallas por planta.

El análisis estadístico nos indica la relación que existe en cada uno de las variedades de maíz de acuerdo a cada uno de los tratamientos establecidos donde se puede interpretar que de acuerdo al ISE el maíz blanco

presenta un mayor índice, sin embargo, en el PPLINF el maíz azul es el que muestra mayor porcentaje.

Tabla 6. ANOVA con 95% de grado de confianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	P	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1416786	2	0,070839	1,8741	0,160	3,101296
Dentro de los grupos	3,2885461	87	0,037799			
Total	3,4302247	89				

De acuerdo a los resultados obtenidos de PPLINF, del RPLINC, considerando una población de 83,333 pl·ha⁻¹ se determina una producción de 2.13 T·ha⁻¹ para maíz azul, 2.04 T·ha⁻¹ para maíz blanco y 0.0202 T·ha⁻¹ para maíz amarillo, tomando en consideración el estudio que realiza Martínez (2000) en la evaluación de familias de medios hermanos a cielo abierto obtuvo un rendimiento de huitlacoche de 12 T·ha, Madrigal (2008), encontró un rendimiento de 29.8 t·ha-1 con variedades híbridas en invernadero, sin embargo, Escalante (2013) obtuvo en variedades híbridas a campo abierto los siguientes resultados: Gladiador 1.88 T·ha-1, Sultán 1.79 T·ha-1, Cóndor 1.67 T·ha-1, Campanero 1.61 T·ha-1, y Caimán 1.57 t·ha-1.

Conclusiones

El presente trabajo mostró que el maíz blanco y azul tienen potencial para la producción de huitlacoche, ya que presentaron un índice de severidad de 26.21 % y 24.68 % respectivamente, por arriba del maíz amarillo con un 4.71%, con ello se considera que son variedades susceptibles para ser infectados por este hongo. La aplicación de esta técnica de producción puede ser una alternativa para que los productores de maíz puedan incrementar los ingresos de sus familias mismas que dependen de maíz en la región de valles altos del Estado de Puebla, la cual se caracteriza por ser una zona agrícola con una alta superficie de maíz sembrada, utilizando variedades criollas mismas que son parte del patrimonio de los productores de maíz.

Referencias

- Agrios, G. N. (2005) Plant pathology, 5th ed. Academic Press.USA.
- Christensen, J. J. (1963) Corn Smut caused by *Ustilago maydis* Cda. The American Phytopathological Society. Department of Plant Pathology and Botany. Institute of Agriculture, University of Minnesota, St. Paul.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. México, DF. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>
- Madrigal-Rodríguez, J.; Villanueva-Verduzco, C.; Sahagún-Castellanos, J.; Acosta-Ramos, M.; Martínez-Martínez, L.; Espinosa-Solares, T. (2010) Production test of greenhouse hydroponic huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 177 – 182
- Madrigal-Rodríguez, J.; Villanueva-Verduzco, C.; Sahagún-Castellanos, J.; Acosta-Ramos, M.; Martínez-Martínez, L.; Espinosa-Solares, T. (2010) Ensayos de Producción de Huitlacoche (*Ustilago Maydis* CDA.)Hidropónico en Invernadero. *Revista Chapingo, serie Horticultura*, 16(3), 177-182. Recuperado en 11 de marzo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2010000300005&lng=es&tlng=es.
- Martínez-Martínez, L.; Villanueva-Verduzco, C.; Sahagún-Castellanos, J. (2000). Susceptibility and resistance of maize to the edible fungus huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) improving its virulence. *Revista Chapingo Serie Horticultura*
- Pan J. J, Baumgrten A. M.; May G. (2008) Effects of host plant environment and *Ustilago maydis* Cda. infection on the fungal endophyte community of maize (*Zea mays* L.) *New Phytologist*
- Pataký, J. K.; Chandler, M. A. 2003. Producción de Huitlacoche, *Ustilago maydis* Cda. *Mycologia*
- Villanueva, V. C.; Sánchez, R. E.; Villanueva, S. E. 2007. El huitlacoche y su cultivo. Ed. Mundi Prensa, México.
- Valverde, M. E.; Paredes-López, O. (1993) Production and evaluation of some food properties of huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.). *Food Biotechnology*

Currículo corto de los autores

Martha Hernández Luna

Ingeniera Mecánica Agrícola, egresada de la Universidad Autónoma Chapingo, asesora en proyectos de Producción de maíz con enfoque de alta productividad obteniendo en diferentes parcelas del estado de Puebla hasta 12.5 ton ha⁻¹, actualmente docente en el Instituto Tecnológico superior de Libres, Puebla.

Roberto Rojas Pozos

Ingeniero en Industrias Alimentarias, egresado del Instituto Tecnológico Superior de Libres, Puebla.

Análisis de la educación inclusiva y diversa, una deuda histórica, percepción docente del ITSLibres

Sagrario Alejandro-Apolinar¹, Dulce-María Martínez-Ángeles², Rodrigo González-Ramírez³

TecNM / Instituto Tecnológico Superior de Libres, División de Ingeniería en Gestión Empresarial, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres, Puebla, México.

¹sagrario.aa@libres.tecnm.mx, ²dulcemaria.ma@libres.tecnm.mx, ³rodrigo.gr@libres.tecnm.mx

RESUMEN

La educación inclusiva es un tema común en la actualidad, un enfoque que responde positivamente a la diversidad de las personas; sin embargo, para el logro de este fin, el sistema educativo debe considerar todas las individualidades de su comunidad; así como las características particulares de tipo social, meta que deben perseguir todas las instituciones, que garanticen la formación de un profesionista exitoso, en la conceptualización de una formación para el ser, hacer y convivir sin importar la condición física, psicosocial o diversidad. Generar una oportunidad de participar activamente en todos los procesos sociales, culturales y comunitarios para enriquecer a la sociedad a través de la convivencia en la vida familiar, en el trabajo, en la escuela y en general en todas las actividades, fomentando ideas de solidaridad, cooperación y equidad. Trasmutar el sistema universitario en espacios educativos inclusivos, es una deuda histórica, debido a que se requiere efectuar una serie de ajustes que posibiliten desarrollar nuevas formas de atender la diversidad. Por ello, la presente investigación describe las causales de esta deuda que a través de los años ha sido una constante de exclusión, desigualdad y discriminación hacia una población que requiere atención de calidad, inclusión y diversidad que nos permita empatizar con las necesidades especiales de la sociedad, para que se contribuya a desarrollar estilos de vida sostenibles, de calidad y de adaptación social.

Palabras Clave: Educación inclusiva, diversidad, discapacidad, pueblos originarios.

Introducción

Particularmente en el caso de América Latina, los petitionarios del sistema educativo que provienen de entornos desfavorecidos, debido a la desigualdad económica, sociocultural o razones políticas; se ven

obligados a ingresar a sistemas educativos con baja o nula inclusión. Tal como asevera Calvo (2013), a la población le cuesta reconocer que tienen el derecho a la educación de calidad.

Por lo anterior, y con la intención de generar un cambio, debemos entender que la educación inclusiva no se trata de la lucha por la plena integración grupos vulnerados a la sociedad; significa crear políticas, programas y experiencias que construyan a una nueva cultura, escuelas inclusivas que acojan y den respuesta a la diversidad del alumnado y que garanticen el derecho de todos los estudiantes a una educación de calidad. Esto, aunado a los profundos cambios tecnológicos, son probablemente algunos los principales desafíos que enfrentan los sistemas educativos en la actualidad y son el factor clave para avanzar hacia una educación de calidad que sea pertinente para todas las personas.

Si bien, la Agenda 2030 de Naciones Unidas logró un amplio acuerdo para establecer la educación inclusiva como una de las metas del Desarrollo Sostenible de las personas y del planeta, estas no se han traducido en políticas, cultura y prácticas en muchos de los países, incluido México.

Se debe reconocer que la educación de calidad no requiere de tantas leyes, reglamentos o recursos. Lo más importante es desarrollar estrategias y formar docentes de calidad, que contribuyan a la persistencia de los estudiantes y la formación de competencias para así ayudar a las instituciones educativas a ser inclusivas y sensibles a las diferentes realidades.

Contexto Teórico

Antecedentes de la Educación Inclusiva

A mediados de los 80 y a principios de los 90 en E.E.U.U. surge el Movimiento "Regular Education Initiative". Este nuevo enfoque plantea que todos los alumnos,

con o sin necesidades educativas especiales, reciban en la escuela regular, una atención de calidad.

La educación inclusiva surge como concepto en el año 1990 en el foro internacional de la UNESCO. En la Conferencia Internacional de la Declaración Mundial sobre Educación para Todos “Satisfacción de las Necesidades Básicas de Aprendizaje” de Jomtiem (Tailandia) (1990), se promovió la idea de una educación para todos, dando respuesta a toda la diversidad dentro del sistema de educación formal al posicionar la educación como un derecho humano fundamental. Se hace énfasis en aquellos grupos que tradicionalmente han estado vulnerados de este derecho, como los estudiantes con discapacidad u otras condiciones haciendo caso omiso a la diversidad que requiere de una educación inclusiva (UNESCO, 2009).

En junio del año 1994, la UNESCO celebró en Salamanca, España la Conferencia Mundial sobre Necesidades Educativas Especiales, bajo el lema “Acceso y Calidad”, en el marco de esta Conferencia se empieza hablar formalmente sobre inclusión.

En el Foro Mundial sobre Educación, Dakar 2000, se estableció que “La educación es un derecho humano fundamental...”. De igual manera, se estableció la diversidad como un valor educativo.

En el 2008 en todo el mundo se manifiesta la idea de una “educación inclusiva”, en la 48ª Conferencia Internacional sobre esta misma temática celebrada por la UNESCO y el BIE (UNESCO,2008).

En septiembre de 2015, los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas, entre ellos México, aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El objetivo no.4 “Educación de calidad” en el punto 4.5, indica que “de aquí a 2030, se debe eliminar las disparidades de género en la educación y asegurar el acceso igualitario a todos los niveles de la enseñanza y la formación profesional para las personas vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, los pueblos indígenas y los niños en situaciones de vulnerabilidad”.

En el año 2017, el TecNM, bajo un enfoque incluyente en los programas educativos y servicios administrativos que oferta, fundamenta sus acciones en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, La Ley General de Educación, en materia de Educación Inclusiva, Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (LGIPD), la Ley Federal para Prevenir y

Eliminar la Discriminación, en la Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas y en el Plan Institucional de Innovación y Desarrollo (PIID 2013-2018), para implementar el programa de educación inclusiva.

En este sentido, la Dirección de Docencia e Innovación Educativa, se destinó como la encargada de diseñar y desarrollar el Programa de Atención a la Diversidad, Educación Especial e Inclusiva (PADEEI), para estudiantes con necesidades educativas especiales, superdotados, con talentos específicos, con discapacidad y de población indígena. (TecNM, 2017).

Educación Inclusiva en México

En 1992, México se suma a los esfuerzos del movimiento internacional de Integración Educativa reorientando los servicios de Educación Especial, dando mayor prioridad a las personas que presentaban discapacidad que a las que tenían alguna Necesidad Educativa de otra índole (Guajardo, 1998).

La Educación Especial en México recibió un impulsó de manera más precisa a partir de 1993, con la Ley General de Educación, la cual en el artículo 41 señala que la educación especial está destinada a individuos con discapacidades transitorias o definitivas, así como a aquéllos con aptitudes sobresalientes, y que propiciará la integración de los alumnos con discapacidad a los planteles de educación regular mediante la aplicación de métodos, técnicas y materiales específico.

De acuerdo con la SEP (2010), citado por Amaro (2018), “En el Programa Nacional de Educación 2001-2006 se reconoce la necesidad de poner en marcha acciones decididas por parte de las autoridades educativas para atender a la población con discapacidad. Así mismo, se establece como uno de los objetivos estratégicos de la política educativa alcanzar la justicia y equidad educativas”.

SEP (2016) Con la Reforma Educativa aprobada en 2013, el gobierno de México tomando en consideración las políticas Internacionales y las recomendaciones realizadas por Organismos Mundiales para el tema de Inclusión Educativa genera un nuevo Programa para la Inclusión y la Equidad Educativa que tiene como objetivo garantizar la inclusión y equidad de las personas con discapacidad y las personas con aptitudes sobresalientes y/o talentos específicos en todos los ámbitos de su vida, priorizando el educativo (Amaro 2018).

Definiendo a la Educación Inclusiva

Desde la perspectiva epistemológica, la educación inclusiva se puede concebir desde distintos ámbitos: político, social, educativo; dentro de lo educativo, diferentes niveles como filosofía, modelo, principio, cultura y práctica.

Las Naciones Unidas en la convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, en 2006 consideran a la educación inclusiva como un Derecho Inalienable para las personas con discapacidad (ONU,2006).

Ocampo (2019) citado por Amiama-Espailat, (2020) se refiere a ella como una “teoría sin disciplina” donde convergen una variedad de discursos, métodos, objetos, disciplinas y compromisos éticos.

Echeita (2017) citado por Amiama-Espailat,(2020) considera a la educación inclusiva como un derecho que tiene implicaciones considerables, pues ya no se trata de principios bien intencionados, sino de un aspecto relevante que no puede obviarse en las normativas, pues se consideran actos, directos o indirectos, de discriminación.

El Modelo de Educación Inclusiva

Ainscow y Booth (1998), manifiestan la necesidad de un cambio en la educación hacia la inclusión, dirigido hacia un modelo rehabilitador que tiende a “normalizar” al alumnado, a un modelo social que defiende y se apoya en una educación inclusiva, “entendida como respeto por la diversidad del alumnado” (citado en Echeita, 2006, p. 91).

“El modelo de educación inclusiva supone la implementación sistémica de una organización educativa que disponga de las características y posibilidades necesarias para atender al conjunto de la población escolarizada, diversa, por principio y por naturaleza, en estos momentos de la historia. Dicho planteamiento implica la disponibilidad de un currículum abierto y flexible, es decir, democrático, y una organización escolar que permita la práctica óptima. Además, la educación inclusiva debe constituir un núcleo aglutinador de la sociedad, que colabore activamente con la institución educativa para que esta se convierta en una comunidad de aprendizaje real, en la que todos participen y aporten su riqueza individual y grupal a la mejora de cada uno de sus integrantes.” (Casanova, 2011)

La educación inclusiva tiene fundamento desde tres perspectivas de acuerdo con Amiama-Espailat, (2020):

1. Como proyecto contra el fracaso escolar y la exclusión.
2. Como un cambio cultural en la escolarización actual y futura.
3. Como un compromiso político para un mundo más justo (Azorín, Arnaiz, & Maquilón, 2017, p. 1022).

Existen sólidas propuestas como la Enseñanza Diferenciada (Tomlinson, 2013, 2017) y el Diseño Universal de los Aprendizajes (Alba, 2016) las cuales están relacionadas con el compromiso de personalizar la enseñanza y con los aprendizajes de todos los estudiantes.

El cambio de práctica de los docentes solo es posible mediante la reflexión, entendida como una acción de “analizar nuestra experiencia a la luz de las evidencias recogidas y, después, valorarlas mediante el contraste pertinentes; la experiencia de otros, los avances del conocimiento, la literatura especializada, etc.” (Domingo & Gómez, 2017, p. 10). Otra herramienta eficaz para el desarrollo de las escuelas inclusivas y para promover la reflexión en la práctica es la observación recíproca (Amiama-Espailat,2020).

Arnaiz (2019) en su reflexión sobre la educación inclusiva en el siglo XXI, plantea algunos pendientes:

- a) Los cambios radicales que se deben producir a nivel organizativo, curricular y metodológico en los sistemas educativos que deben concretizarse en el aula.
- b) Generalizar la educación inclusiva como una realidad comunitaria, institucional y personal, más allá de una experiencia o para algunos casos.
- c) La formación inicial y permanente de los docentes desde el compromiso ético que implica una renovación pedagógica auténtica que permee a todos los niveles del sistema educativo (incluye a los poderes públicos, a los administradores...).
- d) Superar la dispersión de medidas específicas para grupos vulnerados e iniciar con proyectos inclusivos que contemple a todos.

Atención a la Diversidad Educación Inclusiva

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2001) se define diversidad como: “Variedad, desemejanza, diferencia”.

Según Abagnano (1983: 351), la diversidad es: “Toda alteridad, diferencia o desemejanza. El término es más genérico que estos tres y puede indicar uno, cualquiera de ellos o todos en conjunto. Es diverso, en este sentido, todo lo que siendo real no es idéntico.

La educación inclusiva, más que un tema marginal que trata sobre cómo integrar a ciertos estudiantes a la enseñanza convencional, representa una perspectiva que debe servir para analizar cómo transformar los sistemas educativos y otros entornos de aprendizaje, con el fin de responder a la diversidad de los estudiantes. El propósito de la educación inclusiva es permitir que los maestros y estudiantes se sientan cómodos ante la diversidad y la perciban no como un problema, sino como un desafío y una oportunidad para enriquecer las formas de enseñar y aprender” (UNESCO, 2005, p. 14.)

Tipos de discapacidad

La Secretaría de Educación Pública a través de la Dirección de Educación Especial ha clasificado cada una de las características de las discapacidades definiendo los siguientes **tipos de discapacidad**:

Discapacidad Motriz: Es la alteración del aparato motor que dificulta o imposibilita el desarrollo de capacidades que permitan participar en actividades propias de la vida cotidiana como estar de pie, caminar, desplazarse, tomar y manipular objetos con las manos, hablar, hacer gestos, entre otras acciones que requieren movimiento y control de la postura corporal SEP (2013, p. 19).

Discapacidad Visual: Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014), la función visual se subdivide en cuatro niveles: visión normal, discapacidad visual moderada, discapacidad visual grave y ceguera.

Discapacidad Auditiva: En términos de la capacidad auditiva, se habla de hipoacusia: Pérdida auditiva de leve (ligera) a moderada (media) y de sordera: Pérdida auditiva de severa a profunda.

Para la Organización Mundial de la Salud, la sordera es la pérdida total de la audición en uno o ambos oídos. La pérdida de la audición se refiere a la pérdida de la capacidad de oír, bien sea total o parcial. Se llama defecto de audición a la incapacidad de oír tan bien

como una persona cuyo sentido del oído es convencional (OMS,2016).

Discapacidad Intelectual: El Manual Diagnóstico y Estadístico de las Trastornos Mentales DSM-5[®] de la A.P.A. en su 5ª edición (2015) define a la Discapacidad Intelectual dentro de los trastornos del neurodesarrollo, grupo de afecciones cuyo inicio se sitúa en el periodo de desarrollo y que incluye limitaciones del funcionamiento intelectual como también del comportamiento adaptativo en los dominios conceptual, social y práctico y clasifica a la discapacidad intelectual de la siguiente manera: Discapacidad intelectual leve, moderada, grave y profunda / pluridiscapacidad.

Discapacidad psicosocial: El CONADIS (2016), indica que la discapacidad psicosocial “es la limitación de las personas que presentan disfunciones temporales o permanentes de la mente para realizar una o más actividades cotidianas”.

Están causadas por las influencias del entorno social a falta de diagnóstico oportuno y tratamiento adecuado, de acuerdo con el ISSSTE existen disfunciones que se asocian a la discapacidad psicosocial:

1. **Depresión:** ocurre cuando los sentimientos de tristeza, pérdida, ira o frustración interfieren con la vida diaria durante un período de tiempo prolongado.
2. **Trastorno de ansiedad:** molestias relacionadas con el miedo como intranquilidad, desesperación, preocupación excesiva o una combinación de ellas. De aquí se derivan, el trastorno obsesivo-compulsivo, el trastorno de pánico, el trastorno por estrés post-traumático, entre otros.
3. **Psicosis:** pérdida del contacto con la realidad por la presencia de alucinaciones auditivas, visuales, olfativas y/o táctiles (ver, escuchar, oler o sentir algo que no existe).
4. **Trastorno bipolar:** caracterizado por cambios bruscos en el estado de ánimo, el pensamiento, la energía y el comportamiento, pasando de la apatía a la acción excesiva.
- 5.- **Esquizofrenia:** afecta la capacidad de pensar claramente, tomar decisiones, controlar las acciones y las emociones e impide relacionarse con los demás.
- 6.- **Trastorno esquizo-afectivo:** pérdida de contacto con la realidad (psicosis) y problemas afectivos y del estado de ánimo.

Otros Trastornos mentales, del comportamiento y Diversidad

Trastorno dual: cualquier disfunción mental acompañada de una o más adicciones a sustancias psicoactivas (drogas y/o alcohol).

Trastornos sexuales y de identidad de género: se contemplan las alteraciones que pueden darse en cualquiera de las fases en las que se divide la respuesta sexual.

Trastornos de la alimentación: pueden desarrollarse a través de la combinación de condiciones psicológicas, interpersonales y sociales (bulimia y anorexia)

Pueblos originarios

De acuerdo con la encuesta del Intercensal (2015), hay en México, 7 millones 382 mil 785 personas de 3 años y más hablan alguna lengua indígena, las más habladas son: Náhuatl, Maya y Tseltal. De cada 100 personas de 3 años y más que hablan alguna lengua indígena, 12 no hablan español. A nivel nacional, 7 de cada 100 habitantes de 3 años y más hablan alguna lengua indígena, de las cuales existen 72 (INEGI, 2015).

El Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) y el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI), presentan el Atlas de los Pueblos Indígenas de México, en el que se encuentra materiales de audio, video, fotografías, mapas y la descripción etnográfica para conocer de manera general sobre los pueblos indígenas del país quienes han sido discriminados y excluidos socialmente durante cientos de años y casi nunca han tenido oportunidad de participar de las ofertas educativas, mucho menos de la educación superior.

Altas capacidades:

El término alta capacidad ha evolucionado desde los primeros estudios que lo asociaban a alto rendimiento académico y más tarde a un elevado Cociente Intelectual (CI), hasta nuestros días, cuando se define como un potencial a desarrollar “superdotado”.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que una persona es “superdotada” cuando su Cociente Intelectual es igual o superior a 130.

Los tipos de capacidades sobresalientes son:

a). *Intelectual:* Nivel elevado de recursos cognitivos para adquirir y manejar contenidos verbales, lógicos, numéricos, especiales, figurativos y tareas intelectuales. Puede expresarse en aptitud académica y el alto potencial de aprendizaje.

b). *Creativa:* Capacidad de producir grandes números de ideas diferentes entre sí, originales o novedosas.

c). *Socioafectiva:* Habilidad para establecer relaciones adecuadas con otros, comprensión de contenidos sociales asociados con sentimientos, intereses, motivaciones y necesidades personales

Habilidad para convivir, comunicarse y adaptarse.

d). *Artística:* Nivel elevado de recursos cognoscitivos para adquirir y manejar contenidos verbales, lógicos, numéricos, especiales, figurativos y tareas intelectuales.

Puede expresarse en aptitud académica y el alto potencial de aprendizaje (Gómez, 2019).

Marco Normativo

La educación inclusiva es un derecho fundamentado en diversos convenios internacionales, múltiples recomendaciones de congresos y conferencias en las que están representados los países, y leyes pertinentes que se han dictado en la materia, así como la promoción de políticas nacionales (planes, programas, etc.).

Inicia con la Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948)

Art. 1. Todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y en derechos.

Art. 2. Toda persona tiene los derechos y libertades proclamados en esta Declaración, sin distinción alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición.

Art. 26. Toda persona tiene derecho a la educación. La educación se dirigirá al pleno desarrollo de la personalidad humana y a fortalecer el respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales.

Normas Uniformes de las Naciones Unidas sobre Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad (Naciones Unidas, 1994).

Conferencia Mundial sobre Educación para Todos (Foro Consultivo Internacional para la Educación para Todos, 1990).

Declaración y Marco Mundial de Viena (Conferencia Mundial de Derechos Humanos 1993).

Conferencia Mundial sobre Necesidades Educativas Especiales. Acceso y Calidad (Organización de las

Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 1994).

Marco de Acción de Dakar, Educación Para Todos. Cumplir nuestros compromisos comunes (Foro Mundial de Educación de Dakar, 2000).

Declaración de Educación para Todos: Un asunto de Derechos Humanos (II Reunión Intergubernamental del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe, 2007).

Ley General Para la Inclusión de las Personas con Discapacidad

Esta Ley reconoce a las personas con discapacidad sus derechos humanos y mandata el establecimiento de las políticas públicas necesarias para su ejercicio.

Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

- **Accesibilidad.** Las medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de la información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales.

- **Ajustes Razonables.** Se entenderán las modificaciones y adaptaciones necesarias y adecuadas que no impongan una carga desproporcionada o indebida, cuando se requieran en un caso particular, para garantizar a las personas con discapacidad el goce o ejercicio, en igualdad de condiciones con las demás, de todos los derechos humanos y libertades fundamentales.

- **Asistencia Social.** Conjunto de acciones tendientes a modificar y mejorar las circunstancias de carácter social que impidan el desarrollo integral del individuo, así como la protección física, mental y social de personas en estado de necesidad, indefensión, desventaja física y mental, hasta lograr su incorporación a una vida plena y productiva.

- **Ayudas Técnicas.** Dispositivos tecnológicos y materiales que permiten habilitar, rehabilitar o compensar una o más limitaciones funcionales, motrices, sensoriales o intelectuales de las personas con discapacidad.

- **Necesidad Educativa Especial (NEE).** Son requerimientos que poseen algunas y algunos estudiantes para lograr ciertos aprendizajes que son considerados esenciales en su inserción a la sociedad. Los aprendizajes esenciales figuran en el currículo formativo requiriendo se incorporen a su proceso educativo mayores recursos y apoyos adicionales a los utilizadas habitualmente, con los compañeros de su edad, por el centro de formación y el cuerpo docente. Una o un estudiante con NEE es aquel a quien le resultan insuficientes los recursos y ayudas que tradicionalmente se utilizan para responder como la mayoría.

La necesidad educativa se convierte en especial cuando excede en mayor o menor medida la planificación educativa que se ha hecho pensando en la mayoría.

- **Diseño Universal.** El diseño de productos, entornos, programas y servicios que puedan utilizar todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptación ni diseño especializado. El diseño universal no excluirá las ayudas técnicas para grupos particulares de personas con discapacidad cuando se necesiten.

Agenda 2030 de la ONU

Los países miembros de las Naciones Unidas, en 2015, adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El objetivo 4 consiste en garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos (ONU, 2015).

Estudio de caso del Instituto Tecnológico Superior de Libres (ITSLibres)

El análisis que a continuación se presenta, está basado en la opinión que emerge desde la perspectiva docente con relación a la incorporación de estrategias de inclusión y diversidad en el quehacer diario en el ITSLibres, cuyo objetivo es realizar un diagnóstico referente a la Necesidad Educativa Especial (NEE) o inclusiva en la Institución.

Materiales y métodos

La metodología de esta investigación se diseñó siguiendo la estructura de un estudio con enfoque documental, descriptivo y cuantitativo.

Instrumento de investigación

Para la investigación se realizó un muestreo probabilístico, se utiliza este método para crear un tamaño de muestra preciso que pueda ayudar a obtener datos bien definidos.

Se contó con la opinión de 40 docentes del Instituto Tecnológico Superior de Libres.

Población

El Instituto Tecnológico Superior de Libres es una institución educativa ubicada en la ciudad de Libres, en el estado de Puebla, México. Es un organismo Descentralizado, que pertenece al sector educativo el cual cuenta con la clave de trabajo 21EIT0011T, con el compromiso de otorgar educación de ciencia y tecnología de tipo superior en la región. Forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México, también conocido como Tecnológico Nacional de México (TecNM).—Cuenta con una matrícula promedio de 1,200 estudiantes y una plantilla de 60 docentes profesionistas cuya preparación se presenta en la siguiente gráfica.

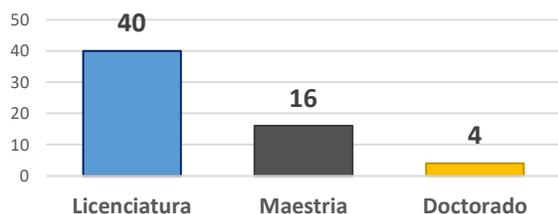


Figura 1. Nivel de Preparación de los docentes profesionistas del ITSLibres

Fuente: Departamento de Recursos Humanos, 2023.

Como se muestra en la Figura 1, de los 60 docentes profesionistas, el 33% cuenta con nivel de posgrado.

Muestra

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó un muestreo probabilístico utilizando la fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Figura 2. Formula de tamaño de muestra

Donde:

- n = Tamaño de muestra buscado
- N = Tamaño de Población o Universo
- z = parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC)
- e = Error de estimación máximo aceptado
- p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q = (1-p) = probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Para el estudio realizado se utilizaron los siguientes valores:

Nivel de Confianza (Z): Es el riesgo que aceptamos de equivocarnos al presentar nuestros resultados (también se puede denominar grado o nivel de seguridad), el nivel de confianza es del 90%.

Margen de error (e): Es el error que estamos dispuestos a aceptar de equivocarnos al seleccionar nuestra muestra; este margen de error suele ponerse en torno a un 10%.

Tamaño de Población o Universo (N): Para el estudio la población son 60 docentes profesionistas del ITSLibres.

Tamaño de muestra determinado (n)= 32

Recolección de datos

La información cuantitativa se obtuvo mediante la aplicación de una encuesta en línea con 17 ítems a los 60 docentes. Se obtuvieron respuesta de 40 de ellos, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera en el área académica del ITSLibres.

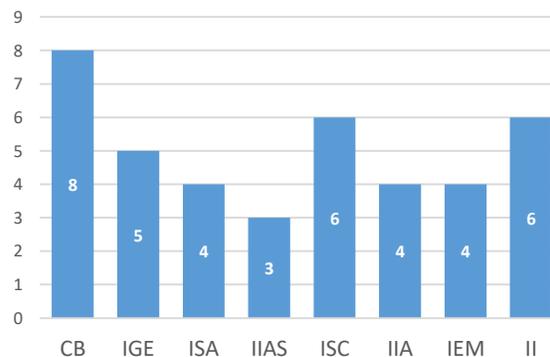


Figura 3 División a la que pertenecen los docentes.

Análisis de las variables

La investigación surge de la necesidad de obtener un diagnóstico sobre el nivel de conocimiento y las prácticas inclusivas en el desempeño docente de la Institución.

Las variables para el diagnóstico fueron las siguientes:

- a. Educación Inclusiva en la Institución
- b. Capacitación para atender NEE
- c. Estrategias Inclusivas
- d. Herramientas e Infraestructura

e. Barreras para la educación Inclusiva

a. Educación Inclusiva en el ITS Libres

De la encuesta aplicada a los docentes de la Institución, las preguntas realizadas para atender la primera variable son las siguientes:

- 1.- ¿Considera que el ITS Libres es inclusivo?
- 2.- ¿La educación inclusiva brinda respuesta a las necesidades educativas e interculturales de todos los estudiantes en el ITS Libres?

En la Figura 4 el análisis de la primera pregunta, indica que el 47% del personal docente considera que la Institución es un centro educativo inclusivo.

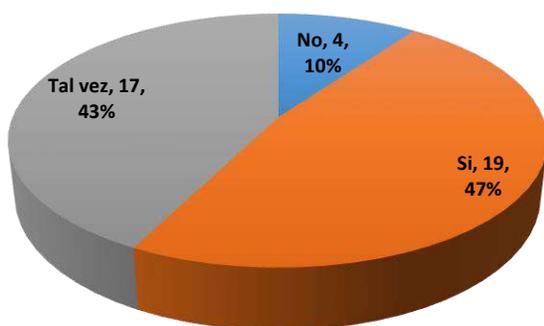


Figura 4 ¿El ITS Libres es inclusivo?

Las respuestas a la pregunta 2. Indican que el 73% de los docentes consideran que efectivamente la educación inclusiva brinda respuesta a las necesidades educativas e interculturales de todos los estudiantes de la Institución.

b. Capacitación para atender NEE

La segunda variable refiere a los conocimientos adquiridos a través de la capacitación docente en el tema. Las preguntas abordadas en este rubro fueron:

- 3.- ¿Considera que está usted preparado (a) o ha recibido capacitación para trabajar con alumnos con NEE?
- 4.- ¿Tiene conocimiento sobre el marco normativo que regula la inclusión educativa?
- 5.- ¿Tiene conocimiento de los tipos de discapacidades o NEE que podría enfrentar en su quehacer educativo?
- 6.- La formación de los docentes en el enfoque inclusivo es clave para fomentar una cultura de respeto e igualdad de oportunidades en los estudiantes.
- 7.- ¿Considera importante que el docente esté capacitado para enseñar a estudiantes con necesidades educativas especiales?

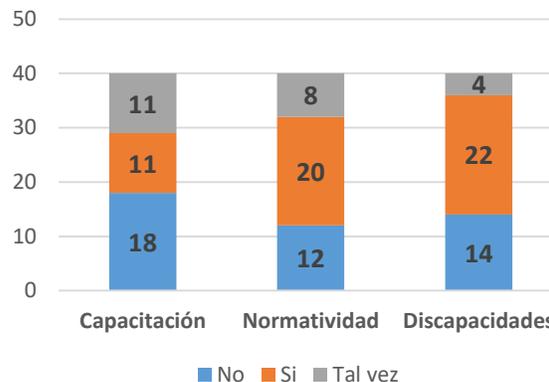


Figura 5. Conocimientos para atender NEE
Fuente: Elaboración propia

El 93% de los docentes, considera que la formación en el enfoque inclusivo es clave para fomentar una cultura de respeto e igualdad de oportunidades en los estudiantes, mientras que el 68% considera importante que el docente esté capacitado para la enseñanza a estudiantes con necesidades educativas especiales.

c. Estrategias Inclusivas

La tercera variable refiere a analizar si los docentes tienen conocimiento de las estrategias inclusivas que se implementan en el campus. Las preguntas aplicadas para este ítem son las siguientes:

- 8.- ¿Cree que las estrategias educativas que utiliza son las más adecuadas en caso de tener alumnos (as) con NEE?
- 9.- ¿Está familiarizado con la planificación de estrategias que orienten la asignación de recursos didácticos y herramientas inclusivas?

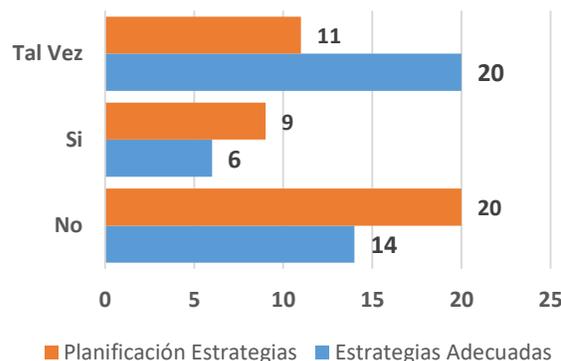


Figura 6. Estrategias inclusivas
Fuente: Elaboración propia

La Figura 6 muestra que el 50% de los docentes desconocen cómo realizar la planificación de estrategias que orienten a la asignación de recursos

didácticos y herramientas inclusivas, mientras que otro 50% consideran que tampoco saben cómo realizar dicha planificación.

d. Herramientas e Infraestructura del ITS Libres

En esta cuarta variable se analiza la percepción de los docentes respecto a las herramientas e infraestructura institucional que tendrían disponibles en su quehacer diario si tuvieran alumnos con NEE.

Para ello se realiza el siguiente cuestionamiento:

10. ¿Las instalaciones del ITS Libres cuentan con el diseño universal para ser utilizadas por todas las personas, incluyendo las que requieren NEE?

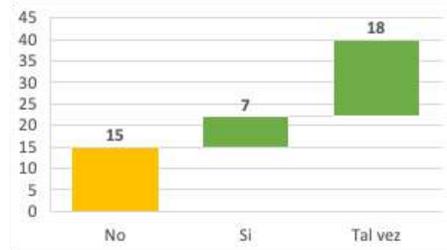


Figura 7. Diseño universal inclusivo del ITS Libres
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7, el 45% del personal considera que tal vez la infraestructura de la institución cuenta con un diseño universal para ser utilizada por todas las personas, incluyendo las que requieren NEE, mientras que el 38% opina que no se cuenta con la infraestructura adecuada

Resultados

García (2019) indica que es imprescindible convertir a la educación en aulas universitarias donde se brinde un servicio que gire en torno a la diversidad, en igualdad de condiciones, sin importar el contexto personal, social o cultural, basado en el derecho fundamental de una formación de ciudadanos que coadyuve a una vida digna en sociedad, transformando así a la educación con un desarrollo integral el cual va más de la formación académica, intelectual y profesional.

En la segunda etapa de la encuesta, los docentes dan su opinión sobre los siguientes cuestionamientos asignando valores del 1 al 5, donde 5 es el valor más importante y el que menos valor tiene para ellos:

¿Para usted como docente la educación inclusiva es considerada?

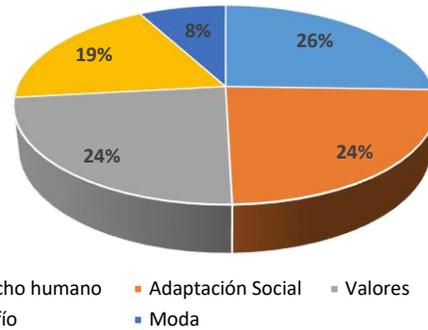


Figura 8. Estrategias inclusivas
Fuente: Elaboración propia

La información de los docentes representada en la Figura 8 indica que la educación inclusiva es considerada principalmente como un derecho humano, seguido de integración o adaptación social, dándole el menor valor a cuestiones de moda.

¿Cuál de los siguientes aspectos considera que se busca en la educación inclusiva?

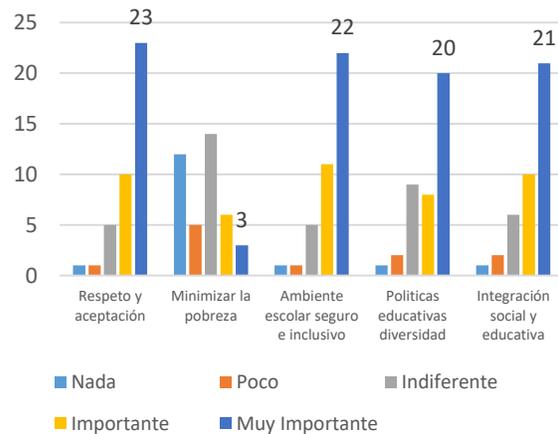


Figura 9. Aspectos que busca la educación inclusiva
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 9, el respeto y aceptación son los aspectos mayormente evaluados, seguidos por un ambiente seguro e inclusivo.

¿Cuál es la función del docente ante la necesidad de educación inclusiva?

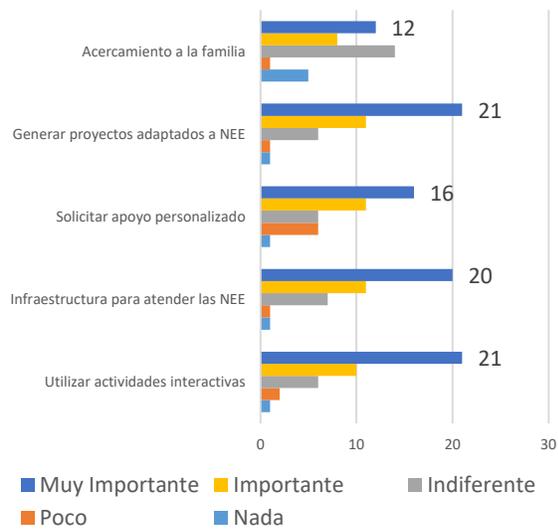


Figura 10. Aspectos que busca la educación inclusiva
Fuente: Elaboración propia

Los docentes expresan en la información de la Figura 10 que ser generadores de estrategias didácticas y herramientas digitales es la función más importante, así como ser guías en la generación del conocimiento. Considerando que ser el encargado de educar a los alumnos no es una función prioritaria.

Indique, por prioridad, que enfoques, estrategias o herramientas utilizaría para la enseñanza-aprendizaje con alumnos con NEE.

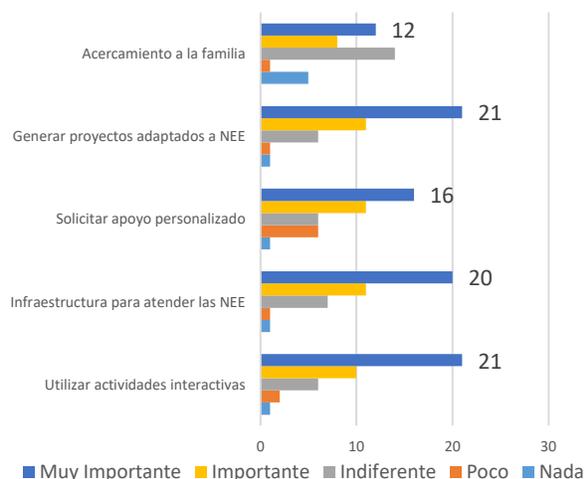


Figura 11. Estrategias o herramientas para NEE
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 11, Los docentes consideran que generar proyectos adaptados para alumnos con necesidades educativas especiales, así como utilizar actividades interactivas, sería de gran utilidad en la enseñanza-aprendizaje.

¿Cuál de las siguientes discapacidades consideras que podrías hacer frente en el aula?

Tabla 1 Diversidad de NEE

Tipos de Discapacidad		Porcentaje
Discapacidad Motriz		38%
Auditiva		12%
Visual		10%
Intelectual		10%
Psicosocial		30%

Nota: La discapacidad que los docentes consideran que pueden atender y hacer frente con la capacitación y competencias con las que cuentan son: Discapacidad Motriz y Psicosocial.

Con relación a la atención a la diversidad, ¿Cuáles de las siguientes, consideras que puede presentarse en el entorno educativo de su centro de trabajo?

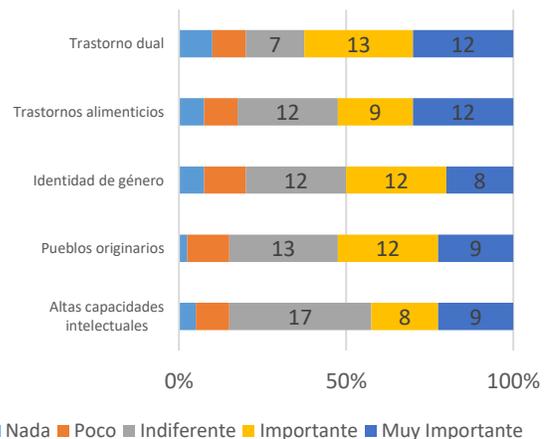


Figura 12. Diversidad
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 12, los docentes consideran que se enfrentan principalmente a Necesidades Especiales por aspectos de Altas capacidades intelectuales, así como Pueblos originarios, dado que la Institución se encuentra en un Estado donde prevalecen las costumbres de estos pueblos, y también se encuentran estudiantes que presentan algún tipo de trastorno psicosocial acompañado de adicciones.

Finalmente se cuestionó a los docentes respecto a ¿Cuáles son las barreras para la educación inclusiva en su centro educativo?

Tabla 2 Barreras para la educación inclusiva en la Institución

Barreras	1	2	3	4	5	Total
Sociales	7	7	5	11	10	40
Culturales	7	9	3	11	10	40
Herramientas e infraestructura	2	4	7	13	14	40
No hay políticas inclusivas	8	4	15	6	7	40
Falta de capacitación	5	3	13	7	12	40

Nota: Las principales barreras incluyen las herramientas para la enseñanza-aprendizaje e infraestructura y la falta de capacitación en el tema.

Conclusiones

Con la información obtenida, se concluye que si bien el compromiso de la Institución Educativa de nivel Superior con la inclusión se desarrolla progresivamente en las áreas de creación de conocimiento crítico, desarrollo profesional e intervención social, donde se prioriza al alumnado con diversidad funcional y se atienden sus necesidades y demandas de acuerdo con las herramientas, conocimientos y aptitudes del personal docente, así como la infraestructura con la finalidad de cumplir con la normatividad vigente y los estándares establecidos, sigue siendo una deuda histórica.

Las variables analizadas denotan los siguientes aspectos:

1. El 47% del personal docente considera que la Institución es un centro educativo inclusivo. Para aumentar este porcentaje, es importante que la percepción del resto del personal cambie. Para ello, se debe capacitar al personal en generación de estrategias y herramientas para hacer frente a las Necesidades Educativas Especiales (NEE).
2. Los docentes deben ser sensibles y tener conocimiento de las NEE y diversidad que podrían enfrentar en el centro educativo.

3. Trabajar en conjunto con los funcionarios y áreas administrativas de la Institución respecto a las barreras de la educación inclusiva que se presentan, tener conocimiento de aspectos diversos como Políticas educativas inclusivas y aspectos sociales y culturales de la localidad para generar proyectos y estrategias que permitan considerar la inclusión y atención a la diversidad de estudiantes con NEE.

La educación inclusiva en las Instituciones de Nivel Superior enfrentan el reto de hacer frente a una deuda histórica de inclusión y Diversidad. Esto implica una redefinición de actitudes, percepciones y, sobre todo, la capacitación docente para fomentar una mayor conciencia, sensibilización y responsabilidad en las prácticas de enseñanza-aprendizaje. Es crucial que las instituciones incluyan en la capacitación docente aspectos actitudinales, los cuales son fundamentales para la sensibilización hacia la inclusión y diversidad, así como estrategias metodológicas, herramientas y recursos tecnológicos. Se debe poner énfasis en la creación de contenidos y actividades multimodales que consideren la diversidad del estudiantado y que sean accesibles a todos.

Referencias

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior ANUIES. (2012) Inclusión con responsabilidad social. Una nueva generación de políticas de educación superior. México. Disponible en: <https://crce.anuies.mx/wp-content/uploads/2012/09/Inclusion-con-responsabilidad-social-ANUIES.pdf>

Abagnano, N. (1983), Diccionario de Filosofía, México, FCE.

Amiama-Espailat, C. (2020). Desafíos de la Educación Especial en el desarrollo de escuelas inclusivas. Ciencia y Educación, 4(3), 133-143. Doi: <https://doi.org/10.22206/cyed.2020.v4i3.pp133-143>

Amaro, A. (2018) Referentes Históricos y Precisiones Conceptuales de La Inclusión Educativa en el Contexto Mexicano. Universidad Autónoma

- del Estado de Hidalgo, 79-92, revistadecooperacion.com | ISSN 2308-1953
- Arnaiz, P. (2019). La educación inclusiva en el Siglo XXI. Avances y desafíos. Universidad de Murcia, 53(9), 1689-1699. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Azorín, C., Arnaiz, P., & Maquilón, J. (2017). Revisión de Instrumentos sobre Atención a la Diversidad para una Educación Inclusiva de Calidad. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 22(75), 1021-1045.
- Booth, T. y Ainscow, M. (1998): *From them to us. An international study of inclusion on education*. London: Routledge.
- Calvo, G. (2013). La formación de docentes para la inclusión educativa. *scielo.edu*, 1-22.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2018, 30 de mayo). Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD_120718.pdf
- Casanova, M. (2011). *Educación Inclusiva un modelo de futuro*. España: Wolters Kluwer.
- Declaración de Salamanca y marco de acción para las Necesidades Educativas Especiales, UNESCO, 1994
- Domingo, Á., & Gómez, M. V. (2017). *La práctica reflexiva. Bases, modelos e instrumentos*. Madrid: Narcea, S.A. De Ediciones.
- Echeita, G. (2006). *Educación para la inclusión o educación sin exclusiones*. Madrid: Narcea.
- Echeita, G. (2017). Educación inclusiva. *Sonrisas y lágrimas. Aula Abierta*, 46, 17. Doi:10.17811/rifie.46.2017.17-24
- El Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales DSM-5® de la A.P.A. en su 5ª edición (2015)
- Ley General De Educación, (1993)
- Ley General Para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, (2011)
- García, L. (2019). El problema del abandono en estudios a distancia. Respuestas desde el Diálogo Didáctico Mediado. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 245-270. <https://doi.org/10.5944/ried.22.1.22433>
- Gobierno de México, CONADIS (2016) *Salud Mental y Discapacidad psicosocial* <https://www.gob.mx/conadis/articulos/salud-mental-y-discapacidad-psicosocial>
- Gómez, V. (2019) Blog Educación Especial [https://educacionespecialas.blogspot.com/2019/03/que-son-las-aptitudes-sobresalientes.html#:~:text=a\)%20Aptitud%20sobresaliente%20intelectual.,el%20alto%20potencial%20de%20aprendizaje](https://educacionespecialas.blogspot.com/2019/03/que-son-las-aptitudes-sobresalientes.html#:~:text=a)%20Aptitud%20sobresaliente%20intelectual.,el%20alto%20potencial%20de%20aprendizaje)
- Guajardo E. (1998). *Reorientación de la educación Especial en México*. (Documento elaborado para el Seminario-Taller Regional sobre “La Gestión del Cambio en el Área de Necesidades Educativas Especiales” dirigido por el Dr. Mel Ainscow. Santiago de Chile. Abril 20 al 24 de 1998.)
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) *Encuesta Intercensal 2015*.
- Ocampo, A. (2019). Educación Inclusiva: una reflexión aproximada sobre la formación del método. *CEDOTIC. Revista de la Facultad de Ciencias de la Educación*, 4(2), 26-51.
- ONU: Asamblea General, Declaración Universal de Derechos Humanos, 10 Diciembre 1948, 217 A (III), disponible en esta dirección: <https://www.refworld.org/es/docid/47a080e32.html>
- ONU: Normas Uniformes de las Naciones Unidas sobre Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad (1994)
- ONU: Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, 2006 (ONU,2006).

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. ONU. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

ONU: Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.

Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014)

SEP. (2010). Memorias y Actualidad en la Educación Especial de México. Una visión histórica de sus modelos de atención. México: SEP.

SEP. (2013). Programa para la Inclusión y Equidad Educativa. México: SEP.

SEP. (2016). Programa para la Inclusión y Equidad Educativa. México: SEP.

SEP. (2016). Programa para la Inclusión y Equidad Educativa. México: SEP.

Tecnológico Nacional de México TECNM (2017), TecNM implementa programa de educación inclusiva

<http://dgest.gob.mx/academicas/tecnm-implementa-programa-de-educacion-inclusiva>

Tomlinson, C. A. (2013). El aula diversificada. Dar respuestas a las necesidades de todos los estudiantes. Barcelona: Ediciones Octaedro, S.L.

Tomlinson, C. A. (2017). How to differentiate Instruction in Academically Diverse Classrooms (3 Kindle.). Alexandria, VA USA: ASCD. Recuperado a partir de amazon.com

UNESCO (2005) Guidelines for inclusión: Ensuring Access to Education for All. París: UNESCO (Accesible on line en: <http://unesco.org/educacion/inclusive>)

UNESCO 2009. Directrices sobre políticas de inclusión en la educación. París Declaración Mundial sobre educación para todos. Satisfacción de

las necesidades básicas de aprendizaje (Jomtiem, Tailandia). Artículo 3.3 (<http://www.ibe.unesco.org/es/cie/48a-reunion-2008.html>)

UNESCO, & MEC. (1994). Declaración de Salamanca y Marco de Acción para las Necesidades Educativas Especiales. Recuperado a partir de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000098427_spa

Acrónimos

CI= Cociente Intelectual

DENUE= Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas

IES= Institutos de Educación Superior

INALI= Instituto Nacional de Lenguas Indígenas

INPI=Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas

ITS Libres= Instituto Tecnológico Superior de Libres

NEE= Necesidad Educativa Especial

ONU= Organización de las Naciones Unidas

OMS=Organización Mundial de la Salud

SEP= Secretaría de Educación Pública

UNESCO= Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Currículo corto de los autores

Sagrario Alejandro Apolinar

Maestra en Ciencias de la Administración por el Centro de Posgrado en Administración e informática de la Universidad Von Humboldt A.C. en 2005, y en Finanzas por la Universidad LA SALLE, A.C. Docente del Instituto Tecnológico Superior de Libres, adscrita a la academia de Ingeniería Gestión Empresarial.

Dulce María Martínez Ángeles

Doctora en Estudios Sociales, Línea Economía Social por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa en 2016. Docente del Instituto Tecnológico Superior de Libres, adscrita a la academia de Ingeniería en Gestión Empresarial.

Rodrigo González Ramírez

Maestro en Contribuciones por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en 2016, docente del Instituto Tecnológico Superior de Libres, adscrito a la academia de Ingeniería en Gestión Empresarial.



"Por una Cultura Científica, Tecnológica y Sustentable"